

SZAKDOLGOZAT

Kádár Zsolt

Debreceni Egyetem

Informatika Kar

Frekvenciaváltóval szabályozható gyártósor

Témavezető:

Nyakóné dr. Juhász Katalin
tudományos főmunkatárs

Készítette:

Kádár Zsolt
mérnökinformatikus

Debrecen

2009.

Tartalomjegyzék

Bevezető	5
I. fejezet: Frekvenciaváltó bemutatása	
1, Mire használják a frekvenciaváltót	7
Egy háromfázisú frekvenciaváltó tipikus felépítése	9
2, A frekvenciaváltó működése	10
3, Az ATV – 31 es frekvenciaváltó	10
Altivar31 és villanymotor összekötése és üzemeltetése	11
Power Suite program kezelőfelülete	17
Az Altivar31 gyári beállításai	20
A hajtás fő integrált funkciói	21
Az Altivar31 hajtás opciói	21
4, Twido PLC és Altivar 31 frekvenciaváltó kommunikációja	
Modbus	22
II. Fejezet: A PLC / Programozható Logikai Vezérlő/	
1, Mi is az a PLC	23
2, A PLC működése és felépítése	23
A PLC felépítésének típusa	24
A PLC előnye	25
Twido20DTK típusú PLC adatai	26
Egy PLC felépítése	27
III. fejezet: Szenzorok	
1, Szenzor felépítése	28
Szenzorok csoportosítása	29
Szenzorok csoportosítása tipikus kimeneti jelek szerint	29
2, Induktív közelítéskapcsolók	30
Működési elvük	30
Induktív közelítéskapcsoló működése	32
A kapcsolási távolságot befolyásoló tényezők	33
3, Kapacitív közelítéskapcsolók	35

Működési elvük.....	35
A kapcsolási távolságot befolyásoló tényezők	36
Alkalmazási példa	36
4, Optikai érzékelők	37
Működési elvük	37
Tárgyreflexiós érzékelő	38
Tárgyreflexiós fénykapu előnyei	38
Tárgyreflexiós közelítéskapcsolók hátrányai	38
Alkalmazási példa	39
IV. Fejezet: Motor	
Magasabb hatásfok	40
Nagyobb teljesítmény	40
Nagyobb rugalmasság	41
Motor Felépítése	41
V. Fejezet: Tápegység	
Tápegység leírása	43
Universal tápegységek jellemzői	43
VI. Fejezet: Tervezés és megvalósítás	44
Összegzés	48

Bevezető

Napjainkba az informatika előretörése és terjeszkedése szinte beláthatatlan. Betör az élet, az ipar minden területére nagymértékben hozzájárul a minőségi, technikai, gazdasági fejlődéshez, alkalmazásával eddig megoldhatatlannak tűnő feladatok várnak kezelhetővé. Így van ez a gyártás technológia területén is.

A témát azért választottam, mert a Vállalati információs szakirányomon Önálló laboratórium tárgy keretén belül szerettem volna olyan témával foglalkozni, amit tudok hasznosítani majd későbbi munkáim során illetve a szakmához is kötődik, és így sikerült ezt a gyártósor modellezést elkezdenem. Eleinte még csak a motor vezérlésével foglalkoztam, de egyre jobban érdekelt és megláttam benne a lehetőséget, hogy ezt majd később egy szakdolgozatnak is megfelelhessen. Amikor megkaptam ezt a feladatot, utána kellett néznem, hogy ennek a gyártósor alkatrészeit miként és hogyan hasznosítják a nagy üzemekben. Láttam, hogy ezeket az alkatrészeket rengeteg multi cég használja, úgy éreztem, hogy majd ha elhelyezkedek valahova, akkor ezt a tudást kamatoztatni tudom. Tanárom is ösztönzött: ezt megépítem, akkor nagy tapasztalatot tudok szerezni, és ez már állásszerzéshez is tudom a későbbiekben hasznosítani.

A szakdolgozatomba egy automatizált futószalagot szeretnék szimulálni ami lényegében egy anyag szelektálást hajt végre. Régebben ezeken a futószalagokon emberek dolgoztak, de egyre jobban fejlődött a technológia, és az emberi munkát felváltották a gépek. Eleinte nem szorították ki az emberi tényezőt, mert csak precíz munkákra használták őket, de egyre jobban elterjedt a használatuk, amit később automatizáltak is. Az anyagmozgatást emberek végezték, ami egy monoton munka volt és rájöttek, hogy ezt könnyen lehetne géppel is helyettesíteni. A technika fejlődésével elértük azt a szintet, hogy egy gyártósort hoztak létre, ami már teljesen automatizált volt és minden munkát gép végez. Meghatározó mérföldkőként jelölhető meg az első számjegyvezérlésű (NC - numerical control) marógép kifejlesztése, 1952-ben, amely a lyukszalagon tárolt program cseréjével könnyen átállítható volt lényegében tetszőleges munkadarabok gyártására. Később az NC gépekben már egyre nagyobb teljesítményű

számítógépek működtek, azaz létrejöttek a számítógépes számjegyvezérlésű (Computer Numerical Control - CNC) gépek.

A megmunkáló szerszámok CNC gépeken történő tárolásával és az automatikus cseréjével kialakultak a megmunkáló központok (Machining Centers - MCs), majd a munkadarabok automatikus tárolásával és cseréjével a rugalmas gyártócellák (Flexible Manufacturing Cells - FMCs). A rugalmas gyártócellákat irányítási hálózattal összekötve, a szállítás és a raktározás automatizálásával épültek ki a rugalmas gyártórendszerek (Flexible Manufacturing Systems - FMSs) és ezt továbbfejlesztve létrejött a számítógéppel irányított gyártás (Computer Integrated Manufacturing - CIM). Így alakult ki a magas fokú gyártási automatizáltság, mely rugalmasságának köszönhetően egyre gazdaságosabbá vált.

I fejezet: Frekvenciaváltó bemutatása [3]

Tény, hogy az egyre bonyolultabb elektronikai berendezések alkalmazása növeli a hibalehetőségek számát és egyre bonyolultabbá teszi a rendszert. Ez azonban nem jelenti feltétlenül azt, hogy az üzembiztonság leromlik. Ugyanakkor a frekvenciaváltók alkalmazása sok helyen előnyös. Mivel semmi nincs ingyen, az előnyök hátrányokkal járnak. Itt sincs ez másképp.

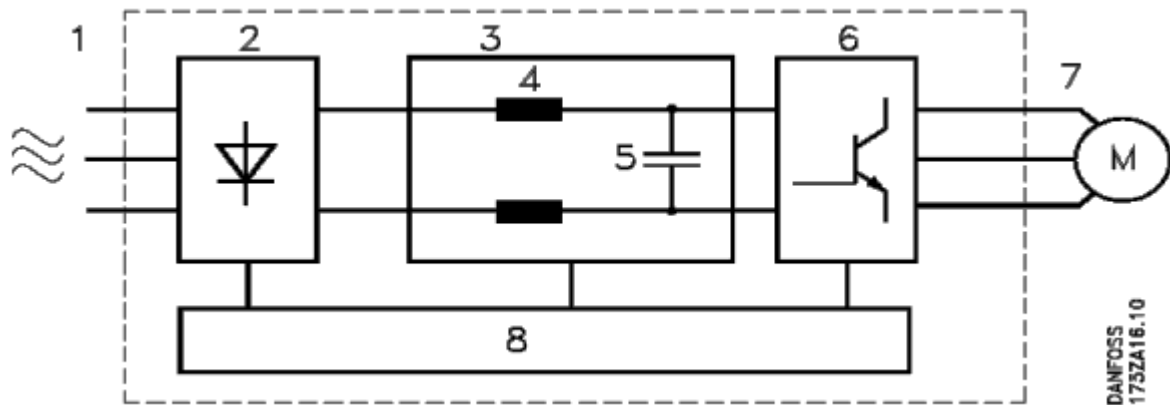
1 Mire használják a frekvenciaváltót

Az iparban rengeteg a villamos motor. Szinte minden mozgó gépet, berendezést közvetve vagy közvetlenül villamos motorok hajtanak. A pneumatikus és hidraulikus rendszerek energiáját is motorok (szivattyúk, kompresszorok) szolgáltatják. Motor sokféle van, ám a háromfázisú váltakozó áramú elektromos hálózatra közvetlenül kapcsolódó motorok között a legelterjedtebb a rövidre zárt forgórészű aszinkronmotor. Az iparban használt motorok legalább 90-95%-a ilyen. A rövidre zárt forgórészű aszinkronmotor működését nem akarom részletezni, de annyi fontos, hogy az ilyen motorok fordulatszámát alapvetően két tényező határozza meg. Az egyik a hálózati váltakozó áram frekvenciája, a másik pedig a motor pólusainak száma. Sajnos mindkettő állandó. A hálózati frekvencia 50Hz, a pólusszám pedig a motor tekercselésétől függ, így adott motornál az is fix. A probléma is ebből adódik: az ilyen motorok fordulatszámát nem lehet megváltoztatni, csak mechanikus áttétel segítségével.

Bizonyos alkalmazásoknál mégis elengedhetetlen a fordulatszám változtatása. Ezekre több megoldás is kínálkozik, de mindegyik jelentős hátrányokkal jár. Nagy teljesítményű motorok (20-30kW fölött) indításánál gyakori az a probléma, hogy az álló motorra rákapcsolt hálózati feszültség rendkívül nagy áramfelvétellel jár. Ez is az aszinkron motorok egyik sajátossága: a motor felpörgéséig a felvett áram a névleges áram tízszerese is lehet. Egy 100kW-os motor esetén a tízszeres teljesítményfelvétel komoly problémát jelenthet! Tovább rontja a helyzetet, hogy a nagy motorok nagy gépeket hajtanak, amiknek általában nagy a tömege is. A nagy lendítő tömeg tovább

késlelteti a motor kipörgését, ami pedig meghosszabbítja azt az időt, amíg a motor nagy áramot vesz fel a hálózatról. Az ilyen berendezések indítására találták ki a csillag-delta átkapcsolású indítást. Sok helyen az aszinkron motorok fix fordulata pozicionálási problémákat okoz. Ahol egy motor hajtotta mozgó részt többé-kevésbé pontosan kell megállítani, ott a lassító áttételt (hajtómű) úgy méretezik, hogy a mozgó rész olyan sebességgel mozogjon, ami a szükséges pontosságot lehetővé teszi. Sajnos ez gyakran jelenti egyúttal azt is, hogy a berendezés mozgása túl lassú lesz, ami a termelékenység rovására megy. Az lenne a kívánatos, ha a megállás előtt a megállási pontosság tartásához szükséges sebességre lassítana, majd a megállási pontot lassan közelítené meg, de a megállási pontok közötti szakaszokon nagy sebességgel mozogna. Erre kétsebességű motorokat használnak melyek tekercselése olyan, hogy kétféle pólusszámmal kétféle fordulaton képesek forogni (gyors-lassú). A kétfordulatú motorok hátránya az, hogy drágák, és a fordulatok csak két fokozatban állítható. Továbbá az alacsonyabb fordulaton a névleges teljesítményüknek csak töredékét képesek leadni. Egy a lényeg, néha jól jönne, ha a motorok fordulatszámát úgy lehetne fokozatmentesen változtatni, hogy közben sem a hatásfok nem romlana, sem a teljesítmény nem csökkenne jelentősen. Erre is több megoldás van, az egyik a speciális motor és motorvezérlő alkalmazása. Pl. egyenáramú hajtás. Ezzel viszont az a probléma, hogy speciális DC motor kell hozzá, ami drága. Az lenne a jó, ha az egyszerű, közösleges és elterjedt, ezért olcsó aszinkron motorok fordulatszámát tudnánk fokozatmentesen változtatni. Erre csak a frekvencia változtatásával lehetünk képesek. Pontosan ezt csinálják az úgynevezett frekvenciaváltók, vagy VFD-k (Variable Frequency Drive). A frekvenciaváltó tehát egy olyan készülék, amibe bevezetjük az áramot és a kimenetére aszinkronmotort kapcsolunk. A frekvenciaváltó a motorra nem 50Hz-et, hanem egy (bizonyos határok között) tetszőlegesen változtatható frekvenciát ad.

Egy háromfázisú frekvenciaváltó tipikus felépítése az alábbi:



1. Betáplálás: jellemzően 3x400V AC.
2. Háromfázisú egyenirányító híd, amely egyenáramot állít elő.
3. Közbenső kör.
4. Szűrőtekercsek.
5. Nagy kapacitású szűrőkondenzátor, amelyen előáll a közbenső körű szűrt, kb. 520V-os egyenfeszültség.
6. Félvezetős kapcsoló üzemi teljesítmény fokozat. Háromfázisú tranzisztor híd (általában IGBT), amely a közbenső körű DC feszültségből PWM jel segítségével előállítja a motor számára a változtatható frekvenciát és feszültséget.
7. A meghajtott hagyományos 400V AC aszinkronmotor.
8. Vezérlő elektronika, amely vezérli a teljesítmény fokozatot, ellenőrzi az üzemi körülményeket, előállítja a kimenő jeleket, kezeli a bemeneteket, lehetővé teszi a paraméterezést, stb.

2 A frekvenciaváltó működése

A hálózati feszültséget először egyen irányítja és szűri (2, 3), így egyenfeszültség jön létre. Egy félvezetős 3 fázisú kapcsoló híd (6) ebből az egyenfeszültségből PWM (impulzus szélesség moduláció) segítségével előállítja a tetszőleges frekvenciájú (pl.: 0-132Hz) szinuszos átlagértékű 3 fázisú motorfeszültséget. Az ábra ezt a PWM jelet és a PWM jel átlagértékeként előálló szinuszos jelet ábrázolja egy fázison. A PWM modulációra azért van szükség, mert ezzel lehet megfelelő hatásfokot elérni. A frekvenciaváltó működését a vezérlő egység (8) koordinálja. Ez hozza létre a PWM vezérlő jelet a híd számára, veszi a külső parancsokat, ellenőrzi az üzemi körülményeket, realizálja a több szintű védelmet, stb.

3 Az ATV – 31 es frekvenciaváltó [4]

A diplomamunkámba az Altivar 31 típusú frekvenciaváltót használtam, mert legfőképp ezzel tudom legjobban modellezni a futószalagom működését. Nagyobb cégeknél is ezeket használják anyagmozgatásra.

Programozás egy bizonyos Power Suite programmal történik. A PowerSuite magasszintű párbeszédet tesz lehetővé a készülék és a számítógépes kezelőfelület között.

Az üzeneteket tiszta szöveggként és több nyelven is képes megjeleníteni. Előkészíthetik a munkát a tervezőirodában anélkül, hogy az Altivart csatlakoztatni kellene a PC-hez. A konfigurációkat és beállításokat el lehet menteni mágneslemezre, illetve merevlemezre és azokat a hajtásra is le lehet tölteni. Ki is lehet nyomtatni a beállításokat.

Altivar 31 (frekvenciaváltó) és villanymotor összekötése és üzemeltetése:

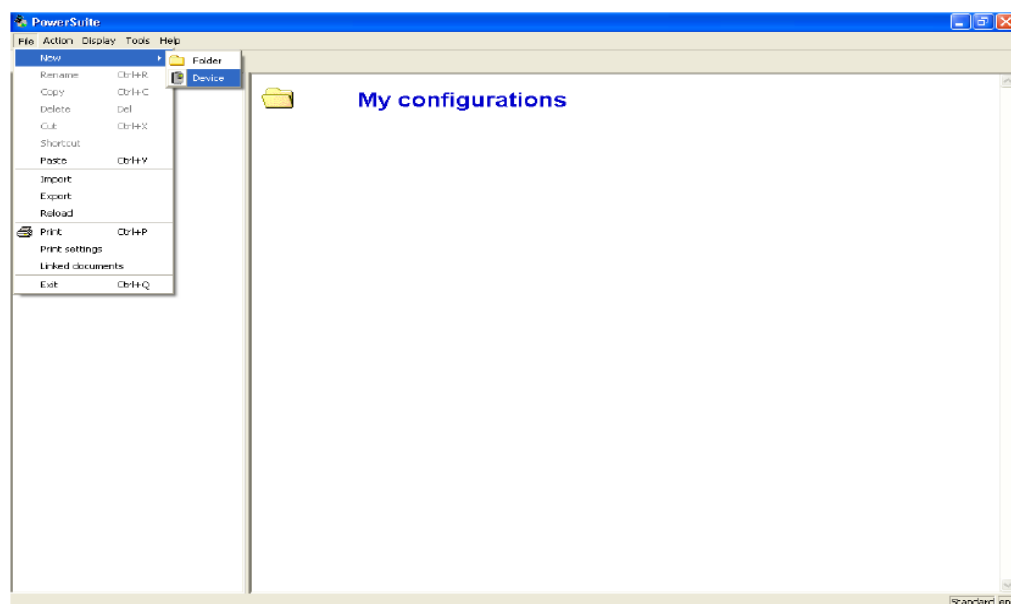
1, Altivar 31 és villanymotor összekötése.

A motort csillag ,delta kapcsolásba lehet hozzákötni a frekvencia váltóhoz a motor teljesítményétől függően. A frekvenciaváltó 3 fázisú áramot kap / 380V /! A frekvenciaváltót modbus kábellel kötjük össze a számítógéppel és ezen keresztül kommunikálnak.

2, Power Suite beállítása.

1. lépés

Új projekt létrehozása



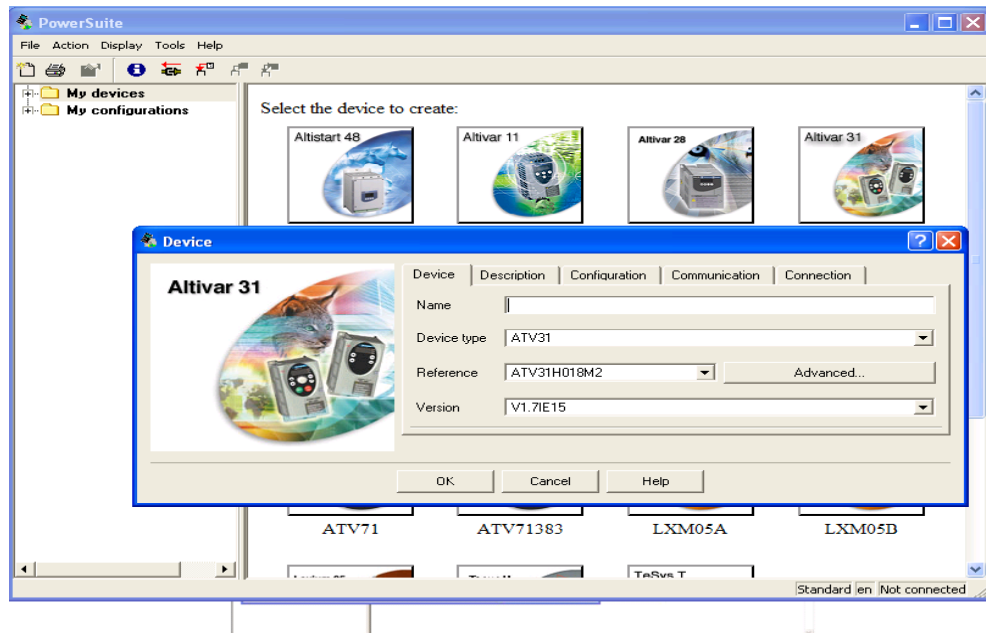
2. lépés

Alap beállítás.

Kiválasztjuk milyen frekvenciaváltót, kívánunk használni.

Alap paraméterek beállítása.

További fűleken kommunikációt is be tudjuk állítani mit szeretnénk használni .

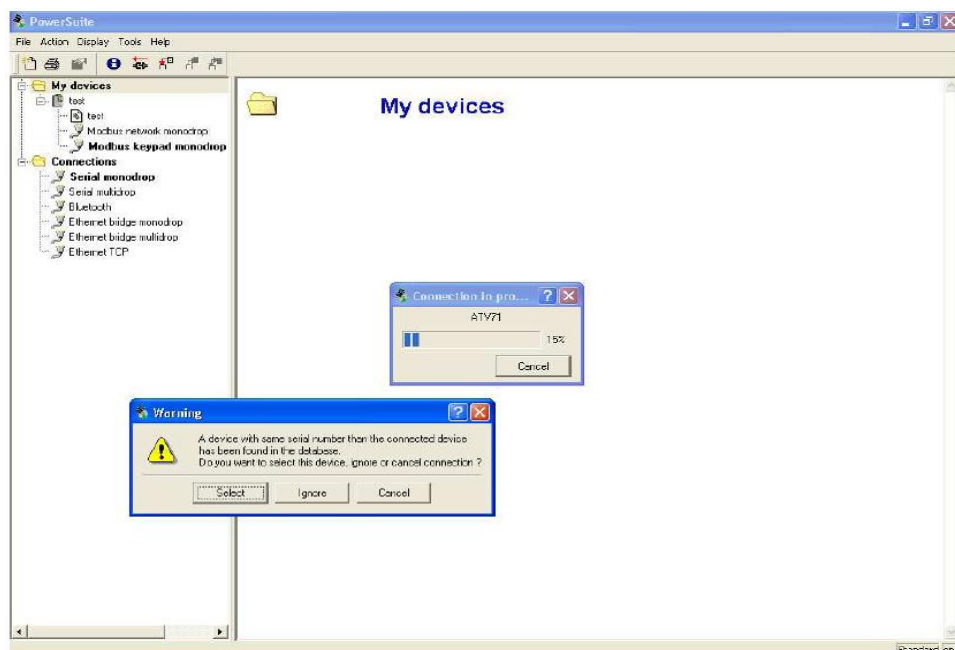


3. lépés

A létrehozott (xy nevű) mappát kiválasztani és kapcsolódni a frekvenciaváltóhoz.



Ikonra kattintva bele tudunk lépni és ott kitudjuk választani az általunk létrehozott projektet.

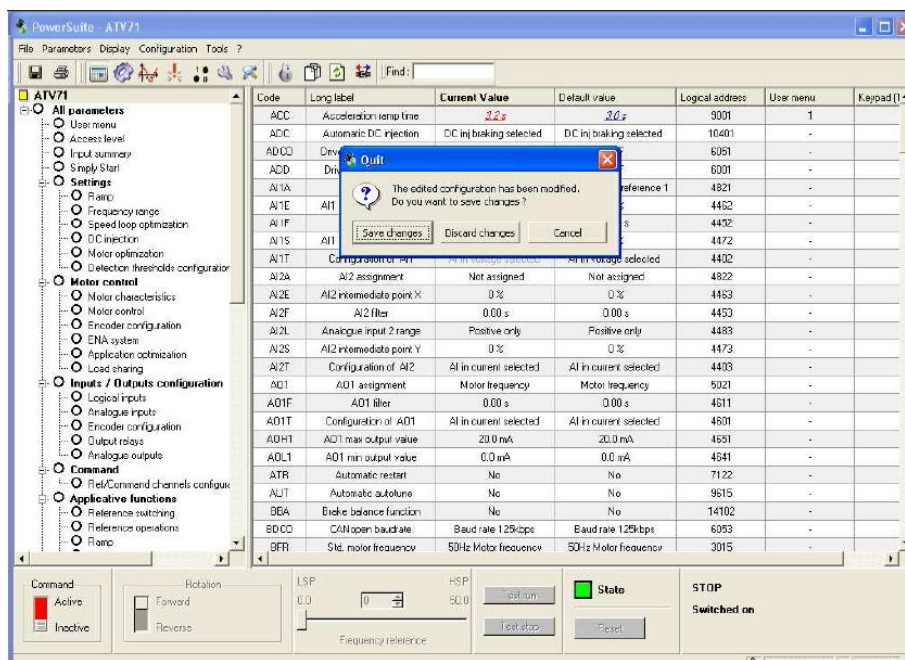


4. lépés

Miután kapcsolódtunk a projektünkhöz különböző beállítási oldalakra léphetünk.



Erre az ikonra kattintva a frekvenciaváltó viselkedésének mentéének szabályozásának módját tudjuk állítgatni.



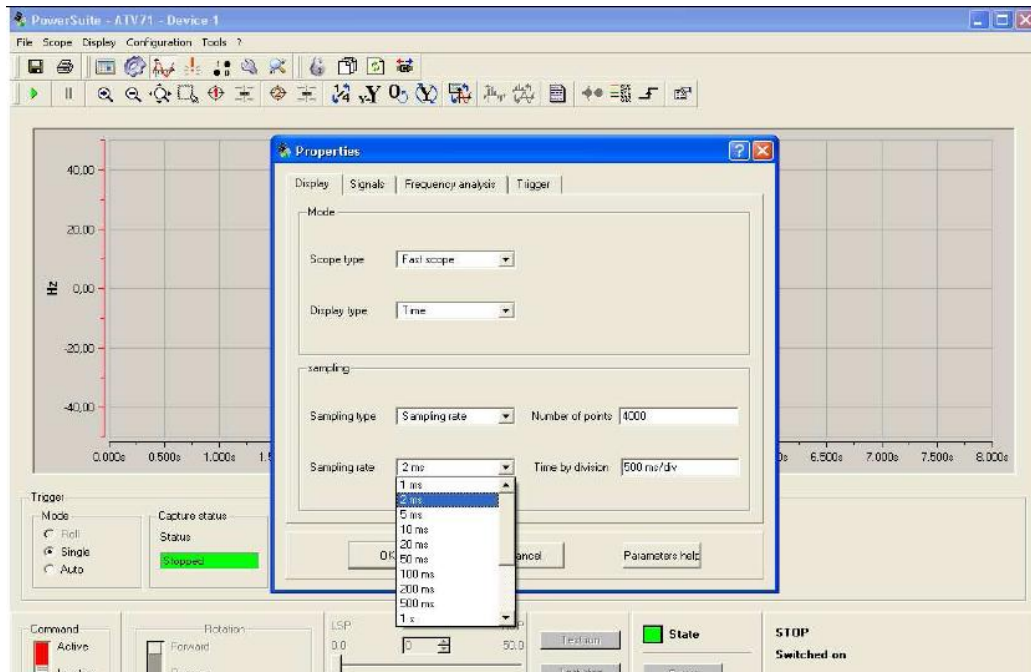
Paramétereket belehet állítani mint Pl:

- motor max /min sebessége
- motor áram felvétele
- max ki mentei frekvenciának
- sebességekhez rendelhető frekvencia

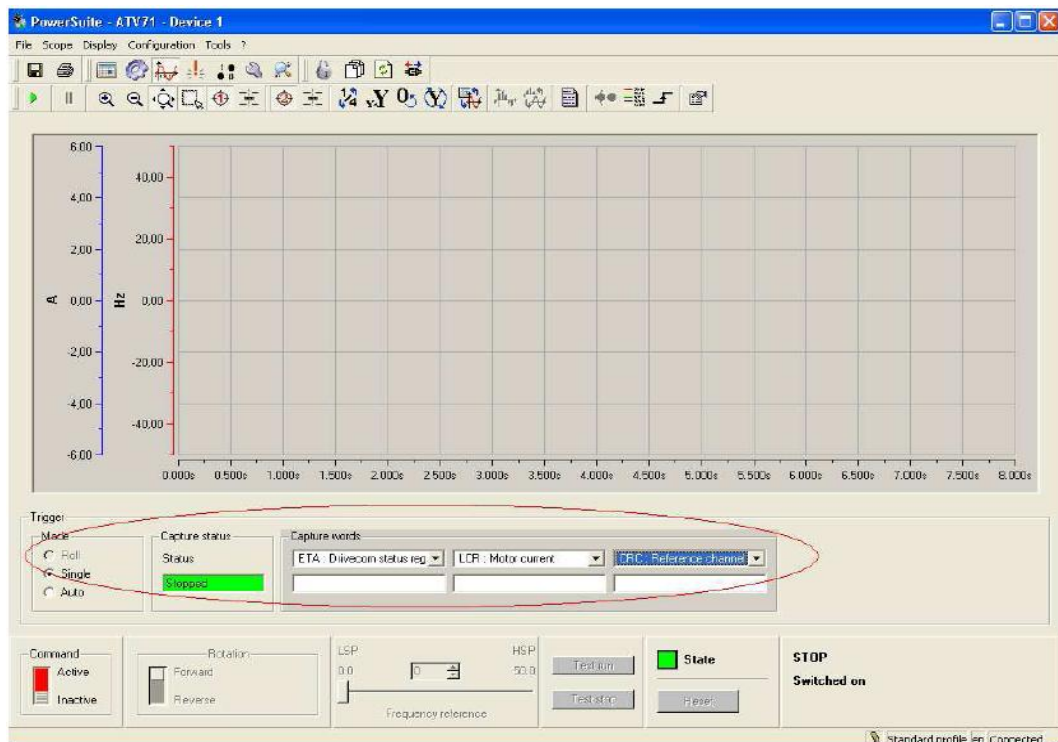
Itt az első dolog a beállítás mit mérjen mennyit, mivel hogyan stb.



ezzel az ikonnal válik elérhetővé ez a rész .





Az oszcilloszkópot be kell állítani, hogy mit mérjen. A bekarikázott részbe tudom beállítani



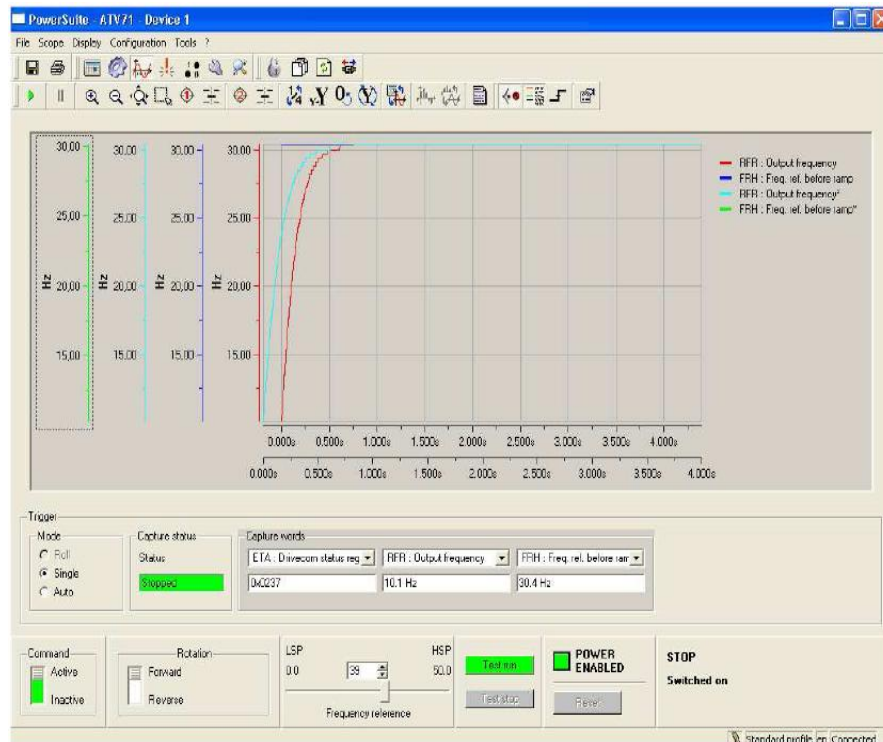
6. lépés Tesztelés elindítása.

1 lépés ahhoz hogy elinduljon a Scope a futás során azt kell ▶ indítani Play gombbal.

Majd  aktiválni kell  ez így néz ki. Majd rányomhatunk a



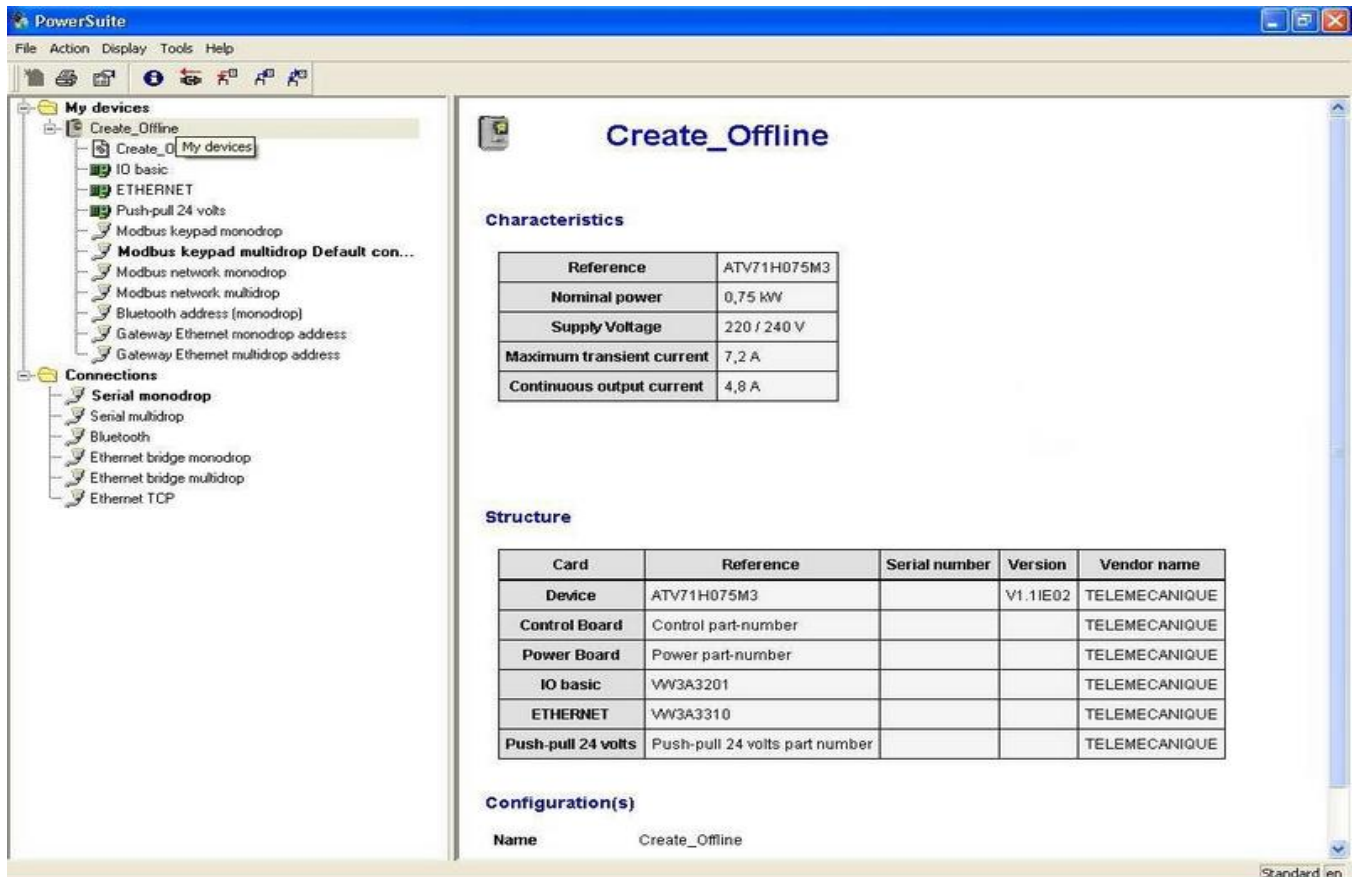
tesztelés futtatása gombra és ha mindent jól állítottunk be elindul a motor.



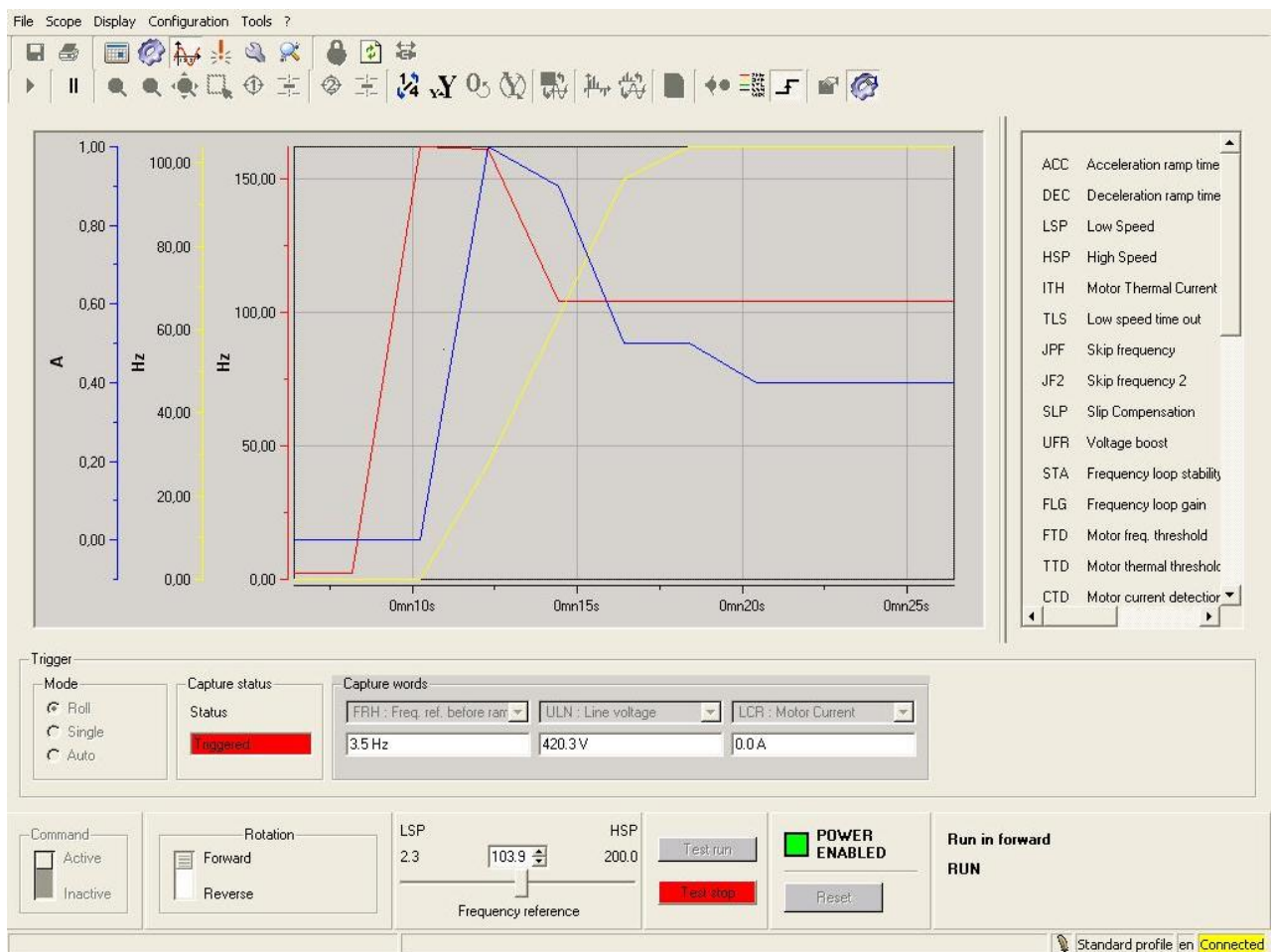
Elindul a frekvencia jelzés.

Power Suite program kezelőfelülete

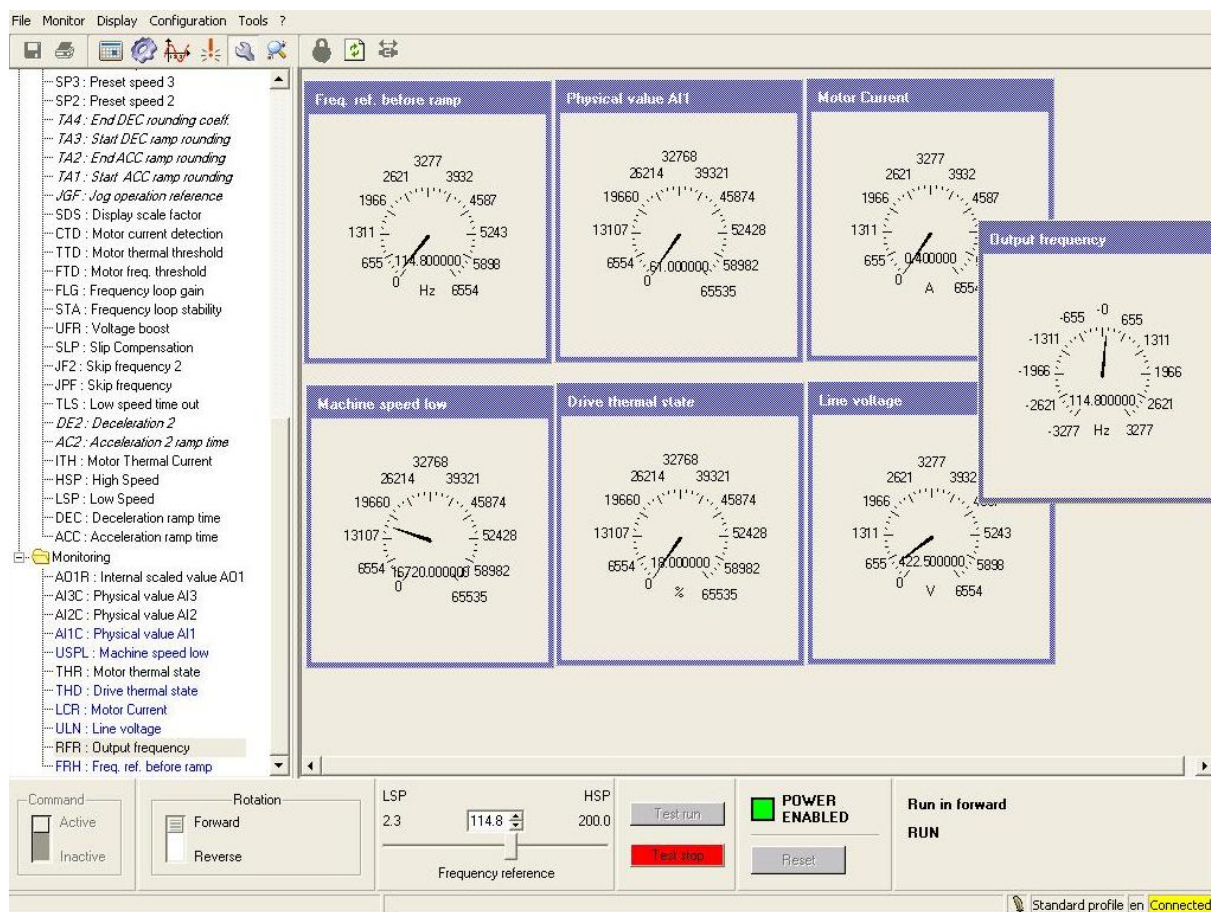
Power Suite program kezelő felületét láthatjuk a képen. Ezen az oldalon lehet a főbb paramétereket beállítani a motorról.



Itt egy motor viselkedés görbéit figyelhetjük meg. Három értéket lehet beállítani paraméterként és ezt a három értéket végig kísérhetjük, miként változik a grafikonon. Ezen a képen például a kék vonal jelzi a motor áramfelvételét, a piros és sárga pedig a motor kimeneti és bemeneti frekvenciáját. A frekvencia változtatásával függően változnak az értékek is.



Ezen a kezelőfelületen a motornak a különböző karakterisztikáit lehet beállítani és itt végig kísérhetjük, a hogyan változnak a paraméterek.



Az Altivar 31 gyárilag be van állítva a legáltalánosabb működési feltételekhez:

- Kijelző: hajtás üzemkész állapotú (rdY) leállított motorral, és motorfrekvencia forgó motorral.
- Motorfrekvencia (bFr): 50 Hz.
- Állandó nyomatékérzékelő nélküli fluxusvektor-vezérléssel (UFt = n).
- Normál leállítás lassítási meredekségen.
- Leállítás üzemmód hiba esetén: szabad kifutás.
- Lineáris meredekség (ACC, dEC): 3 másodperc.
- Alacsony sebesség (LSP): 0 Hz.
- Magas sebesség (HSP): 50 Hz.
- Motor termikus határáram (ItH) = névleges motoráram (az érték a hajtás teljesítményétől függ).
- Álló helyzetben táplált fékező egyenáram (SdC) = 0,7 x névleges üzemi áram, 0,5 másodperc időtartamig).
- Lassítási meredekség automatikus alkalmazása a fékezési túlfeszültség esetén.
- Nincs automatikus újraindítás hiba után.
- Kapcsolási frekvencia 4 kHz.
- Logikai bemenetek:
 - LI1, LI2 (működés 2 irány): 2-vezetékes vezérlés jelátmenet-érzékeléssel, LI1 = előre irányú,
LI2 = fordított irányú, inaktív az ATV 31
 - A hajtásokon (nincs hozzárendelve)
 - LI3, LI4: 4 előre beállított sebesség (1. sebesség = fordulatszám-alapjel vagy LSP, 2. sebesség = 10 Hz,
3. sebesség = 15 Hz, 4. sebesség = 20 Hz).
 - LI5 - LI6: inaktív (nincs hozzárendelve)
- Analóg bemenetek:
 - AI1: fordulatszám-alapjel 0-10 V, inaktív az ATV 31
 - A esetében (nincs hozzárendelve)
 - AI2: összegzett fordulatszám-alapjel 0±10 V
 - AI3: 4-20 mA inaktív (nincs hozzárendelve)

- R1 relé: az érintkező hiba esetén nyit (vagy a hajtás kikapcsol)
- R2 relé: inaktív (nincs hozzárendelve)
- AOC analóg kimenet: 0-20 mA inaktív (nincs hozzárendelve)

Az Altivar 31 hajtás hat logikai bemenettel, három analóg bemenettel, egy logikai/analóg kimenettel és két relé kimenettel rendelkezik.

A hajtás fő integrált funkciói a következők:

- Motor és hajtás védelem.
- Lineáris, S és U alakú valamint a felhasználó által beállítható gyorsítási és lassítási meredekségek.
- +/- sebesség.
- 16 előre beállított sebesség.
- PI alapjelek és szabályozó.
- 2-vezetékes/3-vezetékes vezérlés.

Fékezési lehetőségek

- A forgó terhelés elkapása fordulatszám-érzékeléssel és automatikus újraindítással (repülőstart).
- Hiba konfiguráció és a leállás típusának konfigurációja.
- A hajtás konfigurációjának elmentése.
- Több funkció rendelhető hozzá egy logikai bemenethez.

Az Altivar 31 hajtás esetében a következő opciók és szerelvények használhatók:

- Fékező ellenállások.
- Hálózati fojtótekercsek.
- EMC bemeneti rádiófrekvenciás zavorszűrők és kimeneti szűrők.
- Lemezek rögzítő.
- Sínre való felszereléshez.
- Kiegészítő készlet az UL szabvány szerinti 1-es típusnak való megfeleléshez.
- Adapter lemez az Altivar 28 hajtás lecseréléséhez.

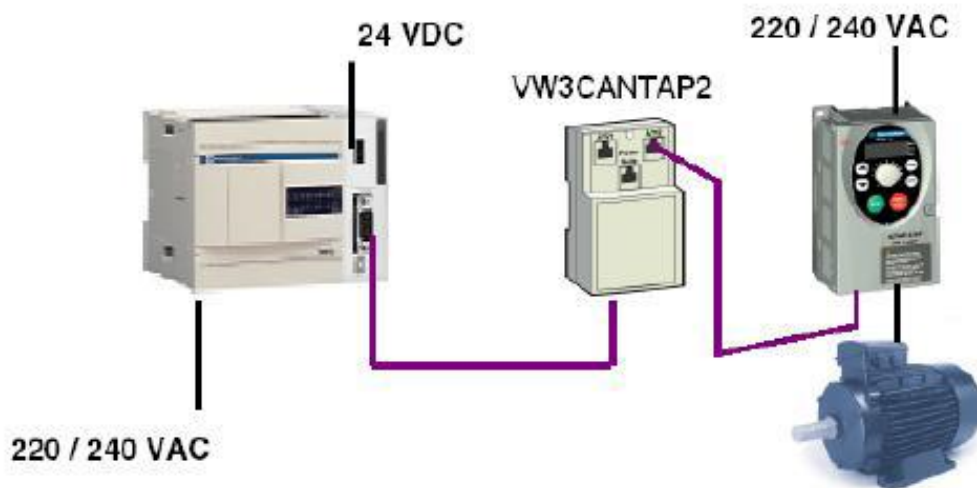
4 Twido PLC és Altivar 31 frekvenciaváltó kommunikációja Modbusszon

Az Altivar31 egy Ethernet/Modbus bridge-en keresztül csatlakoztatható egy Ethernet hálózathoz.

Az Ethernet kommunikáció elsősorban a következő alkalmazások számára készült:

- PLC-k közötti koordináció.
- Helyi vagy központosított felügyelet.
- Kommunikáció a termelésfelügyeletet ellátó szoftverrel.
- Kommunikáció a távoli I/O-val.
- Kommunikáció az ipari vezérlőberendezésekkel.

A képen az ATV-31 frekvenciaváltó és motor kommunikációját láthatjuk, ami egy Twido PLC-ből, egy bővítő kártyából, és egy kommunikációs elosztóból (TAP) áll:



II. Fejezet: A PLC / Programozható Logikai Vezérlő/

1 Mi is az a PLC [5]

A PLC egy programozható vezérlő. Ki és bemenetekkel, kommunikációs porttal. A PLC-ket elsősorban az iparban használják, gépek, berendezések, gyártósorok vezérlésére.

Digitális és analóg ki és bemenetei vannak, amelyek iparban szabványos jelek fogadására és kiadására alkalmasak. (gyakori digitális jelek: 24V DC, 24V AC, 120/230V AC, gyakori analóg jelek: 0-10V, 4-20mA, hő elemek, ellenállás hőmérők). A digitális kimenetek közvetve vagy közvetlenül a berendezés beavatkozó szerveire kapcsolódnak. Pl. mágnes szelepek, villanymotorok. A digitális bemenetek a berendezés részeinek állapotáról (végállás kapcsolók, pozíció érzékelők, fotocellák) vagy kezelőszervekről jövő jeleket fogadnak (kapcsolók, nyomógombok). Az analóg bemenetek mérőjeleket fogadnak (nyomás, áram, feszültség, hőmérséklet, áramlás, stb.). Analóg kimenetek alkalmasak fokozatmentes szabályzó-beavatkozó szervek meghajtására (frekvenciaváltók, fűtőtéljesítmény meghatározása). A PLC legfontosabb tulajdonságai, hogy valamilyen magasabb szintű programozási nyelven programozható, gyakorlatilag minden vezérlésben és szabályozásban használt szabványos ipari jelhez közvetlenül illeszthető, vagy van már kész megoldás az illesztés fizikai megvalósítására. Saját, belső operációs rendszerrel rendelkezik, ami felügyeli a belső perifériákat és a bővítő modulok működését, a kommunikációt, futtatja a felhasználó vezérlőprogramját és valamilyen szinten kezeli a hibákat.

2 A PLC működése és felépítése [6]

A PLC legfontosabb tulajdonságai, hogy valamilyen magasabb szintű programozási nyelven programozható, gyakorlatilag minden vezérlésben és szabályozásban használt szabványos ipari jelhez közvetlenül illeszthető, vagy van már kész megoldás az illesztés fizikai megvalósítására. Saját, belső operációs rendszerrel rendelkezik, ami felügyeli a belső perifériákat és a bővítő modulok működését, a

kommunikációt (ha van), futtatja a felhasználó vezérlőprogramját és valamilyen szinten kezeli a hibákat.

Felépítését tekintve kétféle PLC-t szoktak megkülönböztetni:

- **Kompakt**

Minden egyben van. A PLC tartalmazza a tápegységet, van be és kimenete, kommunikációs csatlakozója. Általában van bővítési lehetőség is, ha a beépített ki és bemenetek száma nem lenne elég. Egy gyártónál is rendszerint sokféle altípusa létezik különböző I/O számmal és fajtával. Kisebb feladatokra használják, ahol kicsi az I/O igény.

- **Moduláris**

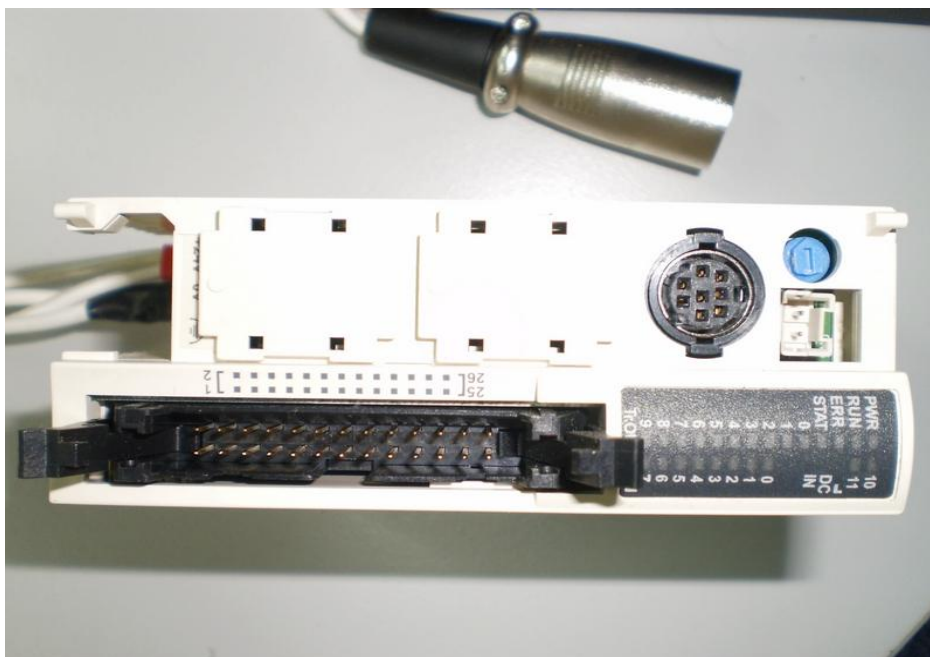
A komplett PLC részegységekből (modulokból) építhető fel. Van egy CPU, ami lényegében maga a vezérlő, de ki és bemenetek nélkül. Ehhez lehet különböző tápegységeket, ki és bemeneteket tartalmazó modulokat választani, amelyek egymáshoz csatlakoztatva adják a kész konfigurációt. Ezzel a megoldással a PLC skálázható az adott feladatra. Használható kevés, de nagyon sok ki és bemenet, vagy speciális modul. A közepes és nagyobb teljesítményű PLC-kre jellemző ez a kialakítás.

Az első PLC-k a huzalozott relés vezérlések kiváltására készültek. Ilyen feladatra a mai PLC-k is alkalmasak, de rengeteg további funkcióval is bővültek a generációk fejlődése során. Ilyen funkció pl. az analóg jelek kezelése (szabályozási feladatok ellátására), a speciális ki és bemenetekkel való bővíthetőség lehetősége (pl. számláló bemenet, szervó vezérlő kimeneti modul, PWM kimenet, stb.).

A PLC előnye:

Már a huzalozott vezérlés helyettesítése esetén is nyilvánvaló, ha a vezérlés bonyolultsága meghalad egy bizonyos fokozatot. A huzalozott, relés logikai kapcsolatokhoz rengeteg relé kell, a kapcsolási rajz bonyolult, a számtalan kontaktus fokozza a kontakthibák kialakulásának esélyeit. A huzalozott vezérlés működését csak a huzalozás módosításával, lehet módosítani, ami időigényes, a berendezés termelésből való hosszabb kiesésével jár, ami költséges. PLC alkalmazásával rendszerint a PLC bemeneteire közvetlenül be vannak kötve a gépről és a kezelőtől érkező kétállapotú információk. Ezek leggyakrabban mechanikus vagy induktív végállás kapcsolók, nyomógombok, kapcsolók. A PLC kimenetei közvetlenül vagy mágnes kapcsolók segítségével a berendezés mozgatását és működtetését végző beavatkozó elemekhez kapcsolódnak (villanymotorok, szelepek, visszajelző lámpák, stb.). Az eredetileg relés vezérlés összes logikai kapcsolata a PLC-n belül, szoftveresen, annak programjában jön létre. A program módosítása könnyebb, mint a relés huzalozás módosítása. Előre elkészíthető, a berendezés nem esik ki a termelésből a módosítás miatt (ha a módosítás nem olyan mértékű, hogy magát a gépet is át kell építeni). A PLC-vel vezérelt berendezéseken a hibakeresés is sokkal könnyebb. Erre a többnyire PC-n futó fejlesztői környezet mindig sok lehetőséget kínál.

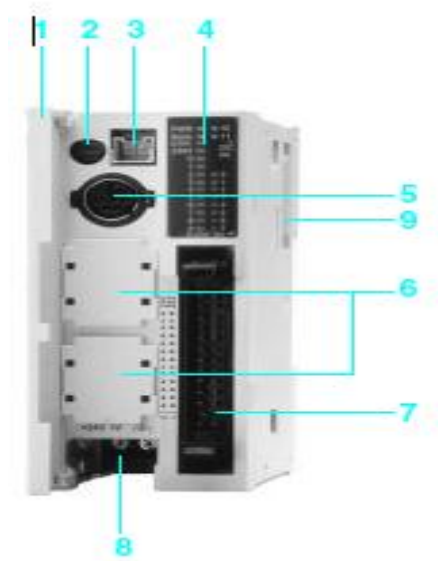
Diplomamunkámba a Twido20DTK típusú PLC –t használtam.



A következő adatokkal rendelkezik [7]

- Bemenetek száma: 12.
- Kimenetek száma és típusa tranzistorforrás: 8 tranzisztornyelő.
- I/O kábelezés: HE10 csatlakozó.
- I/O bővítések: lehetséges bővítő modulok 4.
- Lehetséges bővítési pontok: 84/148.
- Programteljesítmény Kb.: 3000 lépés.
- Feldolgozási idő: Alaputasítások 1ms, 1000 logikai lépéshez.
- Kiegészítő rendszer: 0.5 ms.
- Memória adatok: Belső bitek 256.
- Belső szavak: 1024 (Max. 3072).
- Timer: 32 (Max. 64).
- Számláló: 16 (Max. 64).
- Tápellátás: névleges tápfeszültség 24Volt.
- Megengedett feszültségtartomány VDC 20.4... 26.4 beleértve a feszültség-ingadozást.
- Max. bemeneti áram 26.4 V-nál 560mA.
- Max. bekapcsolási áram 50A.
- Max. fogyasztás 15W (4 I/O bővítéses alaplapp).

Egy PLC felépítése:

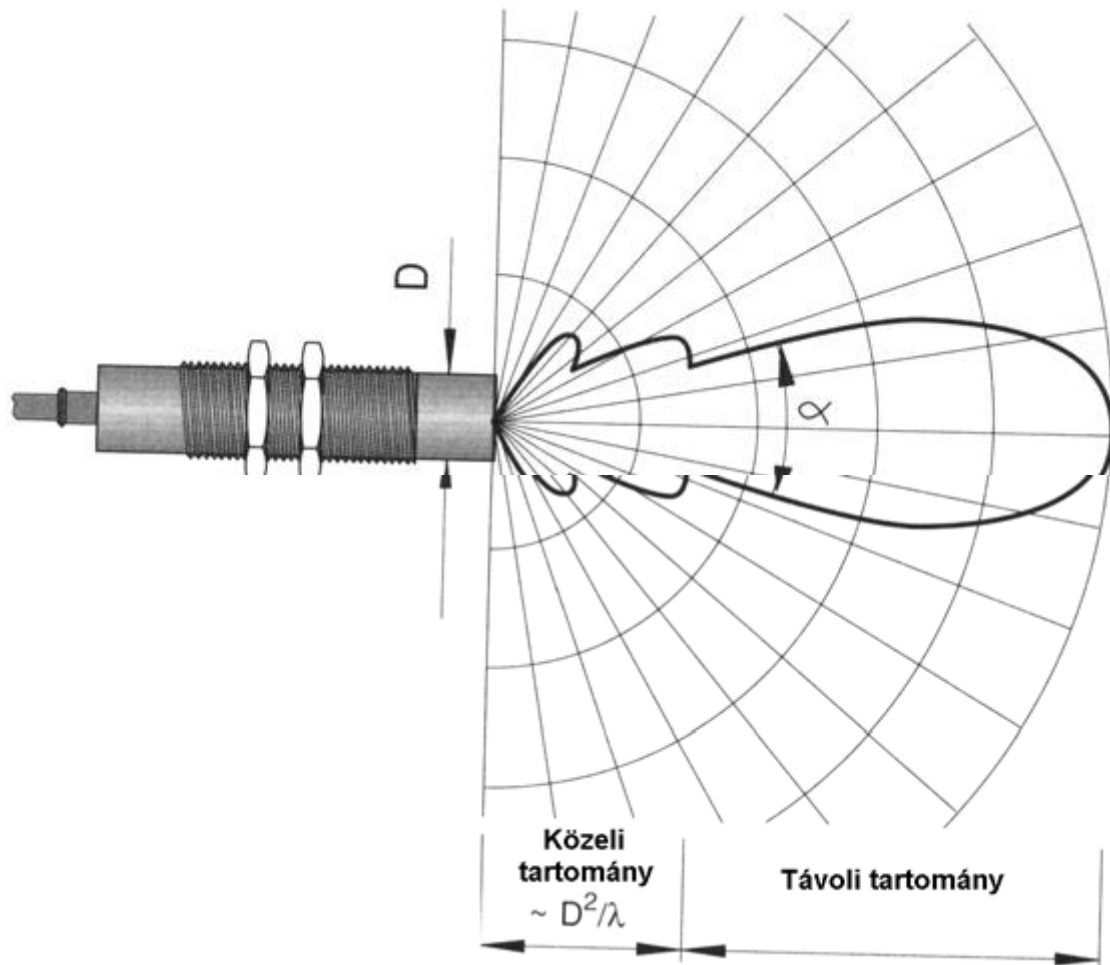


Az előlapon:

- 1 Egy csuklós ajtó.
 - 2 Egy analóg potenciométer.
 - 3 Egy csatlakozó a beépített analóg bemenet csatlakoztatásához.
 - 4 Egy kijelző blokk, amely a következőket mutatja:
 - a vezérlő állapota (PWR, RUN, ERR és STAT),
 - a bemenetek és kimenetek (INi és OUTi).
 - 5 Egy RS485 mini- DIN típusú soros port csatlakozó (lehetővé teszi a programozó terminál csatlakoztatását).
 - 6 Két nyílás (amelyeket egy kivehető fedél véd) a memóriakártyának és a TWD XCP RTC valós idejű órákártyának.
 - 7 Egy (vagy több) HE10 típusú csatlakozó vagy csavaros sorkapocs, a bemeneti érzékelők / kimeneti vezérlőelemek csatlakoztatásához.
 - 8 Csavaros sorkapcsok a 24 VDC tápellátás csatlakoztatásához.
- A jobb oldali panelen:
- 9 Egy csatlakozó a bemeneti/kimeneti bővítő modulokhoz (4 vagy 7, a modelltől függően).
- A bal oldali panelen:
- 10 Egy csatlakozó a TWD XCP ODM kijelző modulhoz vagy soros interfész modulhoz.

III fejezet: Szenzorok [9]

1 Szenzor felépítése



Szenzor

Olyan eszköz, amely egy fizikai mennyiséget (pl. hőmérséklet, távolság, nyomás) a vezérlés- és szabályozástechnikában jobban felhasználható, jobban kiértékelhető jellé alakít át. (elektromos jel, pneumatikus jel)

Szenzorok csoportosítása

- Bináris szenzorok:
 - helyzetérzékelők, közelítéskapcsolók;
 - nyomáskapcsolók;
 - kapcsoló-hőmérők, stb.;
- Analóg szenzorok:
 - erő- és nyomatékmérők;
 - áramlásmérők;
 - hőmérsékletmérő szenzorok;
 - útmérők, hosszmérők, elfordulás érzékelők;
 - optikai mennyiségek érzékelői;
 - akusztikai mennyiségek érzékelői, stb.;

Szenzorok tipikus kimeneti jelek szerint

- *Bináris*
 - közelítéskapcsoló;
 - nyomáskapcsoló;
 - szintjelző kapcsoló, stb.;
- *Impulzuskövető*
 - inkrementáló hossz illetve szög (elfordulás) mérő eszközök;
- *Analóg*
 - szenzorok a rendszerbe integrált erősítő és jelátalakító elektronikával. Közvetlenül felhasználható jelet adnak.

Szokásos tartományok:

0 ... 10 V 0 ... 20 mA;
1 ... 5 V 4 ... 20 mA;
-5 ... +5 V -10 ... +10 mA;

Szabványos csatoló - szabványos jelkimeneti csatlakozással ellátott szenzorrendszerek
RS-232, RS-422, profibusz

3 fajta szenzort használtam a diplomamunkába:

- Induktív.
- Kapacitív.
- Optikai.

2 Induktív közelítéskapcsolók

Működési elvük

Az induktív és kapacitív érzékelők működése egy olyan rezgőkör alkalmazásán alapul, amelynek rezgés amplitúdóját a közelítéskapcsoló aktív zónájában elhelyezkedő tárgy befolyásolja. Minden oszcillátor erősítőből, pozitív visszacsatolásból és frekvencia meghatározó elemből áll. A frekvencia meghatározó elem induktív érzékelők esetén párhuzamos LC-rezgő kör. Kapacitív érzékelőkhöz Wien-hidas RC-oszcillátort alkalmaznak.

Elektromágneses rezgések keletkeznek egy tekercsből és kondenzátorból álló úgynevezett LC rezgőkörben. A feltöltött kondenzátor a tekercsen keresztül sül ki. A kisütési áram a tekercsben mágneses teret hoz létre. Ha a kondenzátor kisült, a mágneses tér csökkenni kezd. A mágneses tér változása a tekercsben feszültséget indukál. A kondenzátor ellentétes polarításra töltődik, amely folyamat addig tart, amíg a mágneses tér teljesen le nem épült. A kondenzátor feszültsége a kondenzátorban elektromos teret alakít ki. A tekercsben az áram mágneses teret idéz elő. Az elektromos

és a mágneses tér váltja egymást. A folyamat periodikusan játszódik le, így a feszültség és az áramerősség is periodikusan változik.

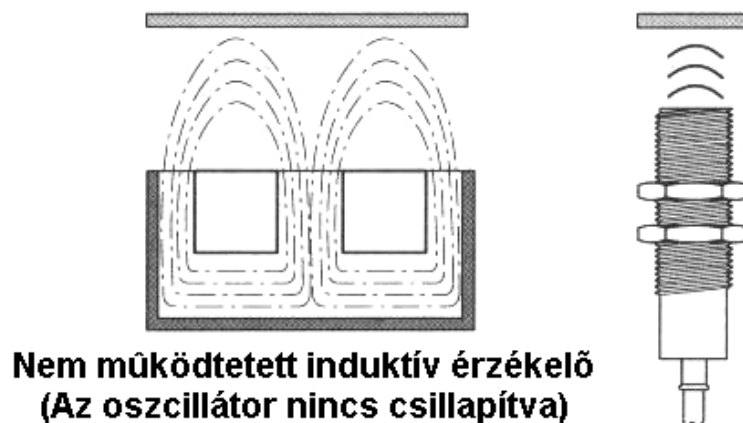
Csillapítatlan rezgést csak akkor kapnánk, ha a rezgőkör nem rendelkezne ohmikus ellenállással. A gyakorlatban egy erősítőt kell alkalmazni, amely az ellenállás okozta csillapítást kiegyenlíti.

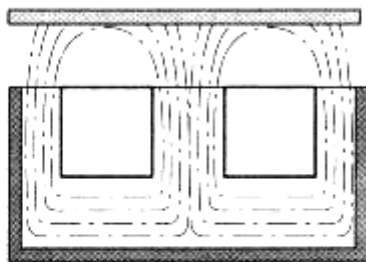
Az induktív közelítéskapcsolóban egy mágnesesen nyitott vasmagon helyezkedik el az LC rezgőkör tekercse. A rezgőkör frekvenciája általában 100 – 1000 kHz. Az LC rezgőkör egy nagy frekvenciával változó mágneses mezőt hoz létre, amely kilép az érzékelő aktív felületénél. A rezgés amplitúdó lecsökken, ha a mágneses mezőbe egy fémtárgyat helyezünk. Ennek oka a fémtárgyban indukált örvényáramok által okozott energia-elvétel.

Az induktív érzékelő energia-felvétele néhány mikro watt.

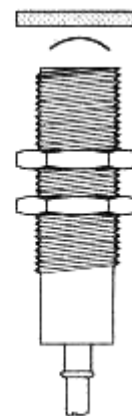
Ez az alábbi előnyökkel jár:

- Nincs mágnesező hatása a jelzett fémtárgyra.
- Nem okoz rádióvételi zavarokat.
- Nem melegszik a jelzett fém tárgy.



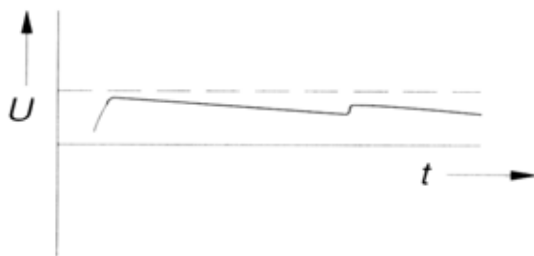
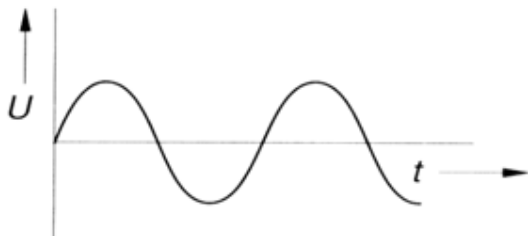
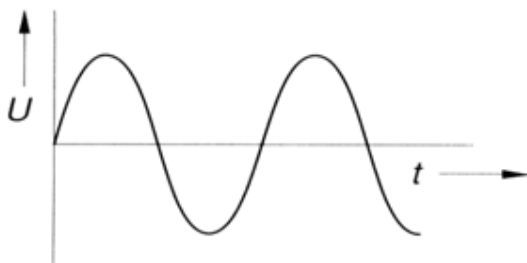


**Működtetett inductív érzékelő
(Az oszcillátor csillapítva van)**



Induktív közelítéskapcsoló működése

Az oszcillátor szinuszos rezgését egy demodulátor egyen irányítja és a triggerfokozat kiérté-keli. Attól függően, hogy a küszöbérték alatt marad, vagy fölé kerül, ad egy bináris kapcsoló-jelet.

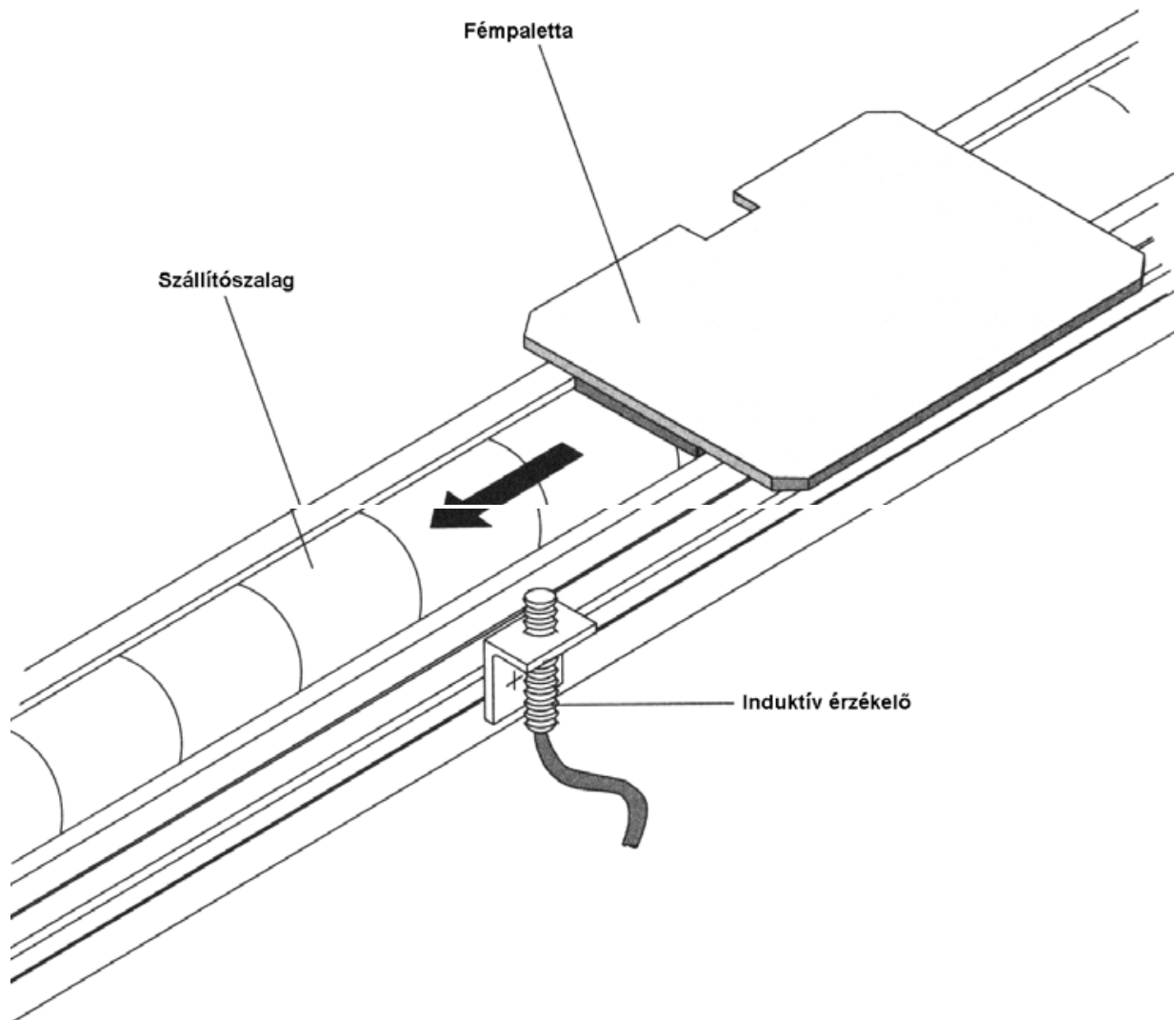


A kapcsolási távolságot befolyásoló tényezők

A kapcsolási távolság függ a fémtárgy anyagának elektromos vezetőképességétől, mivel a kisebb ellenállás kisebb örvényáram-veszteséget okoz. A névleges kapcsolási távolságot egy szabványos, 1mm vastag St37 -es acéllemez próbatesttel határozzák meg. A lemez négyzet alakú, oldalhosszúsága vagy az érzékelő aktív felületének átmérőjével, vagy a névleges kapcsolási távolság háromszorosával egyenlő. A két érték közül a nagyobbat kell figyelembe venni a próbatest méretének megválasztása során. Az acéltól eltérő anyagoknál úgynevezett redukciós tényezőt alkalmazunk.

$$r = \frac{\text{kapcsolási távolság az adott anyagfajtánál}}{\text{kapcsolási távolság St 37 acélnál}}$$

Alkalmazási példa



Munkadarabokat szállító fémpaletták jelzése szállítószalagon

3 Kapacitív közelítéskapcsolók

Működési elv

A kapacitív érzékelők aktív eleme egy kondenzátor, amely egy tárcsa alakú elektródából és egy, az aktív felületet határoló kehelyformájú félig nyitott fegyverzetből áll. Akár fém, akár elektromosan szigetelő anyag kerül az aktív zónába, az kapacitásváltozást okoz. Folyékony, szemcsés és porított anyagokat kimutatására is alkalmas. A kondenzátor egy RC-oszcillátor része, amely úgy van méretezve, hogy akkor rezeg be, ha ez a kapacitásváltozás bekövetkezik. Míg az induktív érzékelőkre az amplitúdómoduláció jellemző, itt a frekvencia változik.

Az RC-oszcillátor frekvenciája:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

Ha egy elektromosan nem vezető anyagú objektum kerül az aktív zónába, a kapacitás a dielektromos állandóval (ϵ_r) egyenes, a távolsággal fordított arányban változik. A legnagyobb kapcsolási távolságot vízfelület, illetve földelt, elektromosan vezető anyag esetén kapjuk. Minél kisebb egy nem vezető anyag dielektromos állandója, annál kisebb a kapcsolási távolság. A legtöbb kapacitív érzékelőn található egy potenciométer, amelynek segítségével állítani lehet a szenzor érzékenységét. Ez lehetővé teszi bizonyos anyagok detektálásának elfojtását.

Így pl. lehetővé válik a folyadékszint változásának érzékelése vizes oldatok esetén egy műanyag tartály falán keresztül. A kapacitív érzékelők igen érzékenyek a szennyeződésekre, vízre. Nedves környezetben zavart okozhat a lecsapódó pára. Vékony (nem fém) falon keresztül is érzékel ($s < 4 \text{ mm}$), ha az anyag legalább 4-szeres dielektromos állandójú, mint a fal anyaga. Fémek érzékelésére általában az induktív

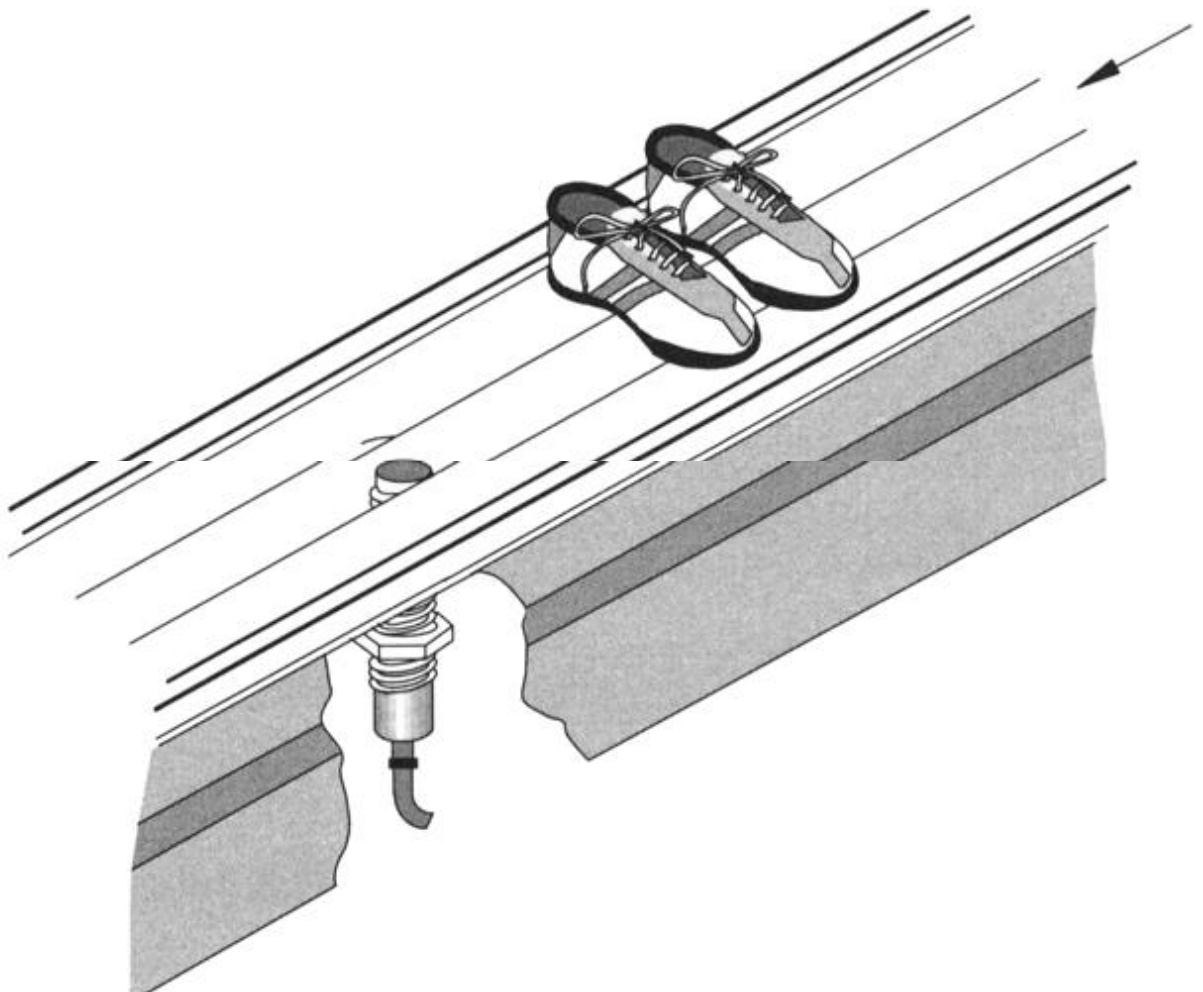
érzékelőket használják kedvezőbb árú és a szennyezésekkel szembeni érzéketlenségük miatt. Nem fémek esetén gyakoribb az optikai érzékelők használata. A kapacitív közelítéskapcsolók is készülnek síkba építhető és síkba nem építhető változatban.

A kapcsolási távolságot befolyásoló tényezők

A kapacitásváltozás a következő paraméterek függvénye

1. A tárgy (anyag) helyzete, illetve távolsága az érzékelőtől.
2. Az érzékelendő anyag dielektromos állandója.
3. A tárgy méretei.

Alkalmazási példa



Fekete gumilapok (cipőtalp) érzékelése

4 Optikai érzékelők

Működési elv:

Az optikai érzékelők optikai és elektronikai eszközök kombinációját használva jelzik a különböző objektumok – tárgyak, anyagok – jelenlétét. Fényforrásként (adó) leggyakrabban világító diódákat (LED) alkalmaznak. Ezek előnye, hogy kisméretűek, egyszerűen modulálhatók, és hosszú élettartamúak. A fényjel érzékelésére (vevő) fotodiódákat vagy foto tranzisztorokat használnak. Az optikai érzékelők infravörös vagy vörös fényel működnek. (Általában GaAlAs LED – a hullámhossz az összetételtől függően $\lambda = 880$ nm infravörös $\lambda = 660$ nm látható vörös fény kibocsátása esetén.)

A vörös fény előnye, hogy a beállítások elvégzését megkönnyíti, mert szabad szemmel is érzékelhető a fényforrás optikai tengelye, továbbá a polimer fényvezetők csillapítása ebben a hullámhossz tartományban viszonylag kicsi. Infravörös fényt ott célszerű alkalmazni, ahol nagyobb fényerőre van szükség, nagyobb távolság áthidalása a cél. Infravörös fény esetén a környezetből származó zavaró fények hatása csekélyebb.

A környezetből származó fények zavaró hatásának kiküszöbölése, csökkentése érdekében az optikai jelet modulálják. A vevő (egyutú fénykapu kivételével) az adó ütemével össze van hangolva. Infraérzékelők esetében további javulást érnek el fényszűrők alkalmazásával.

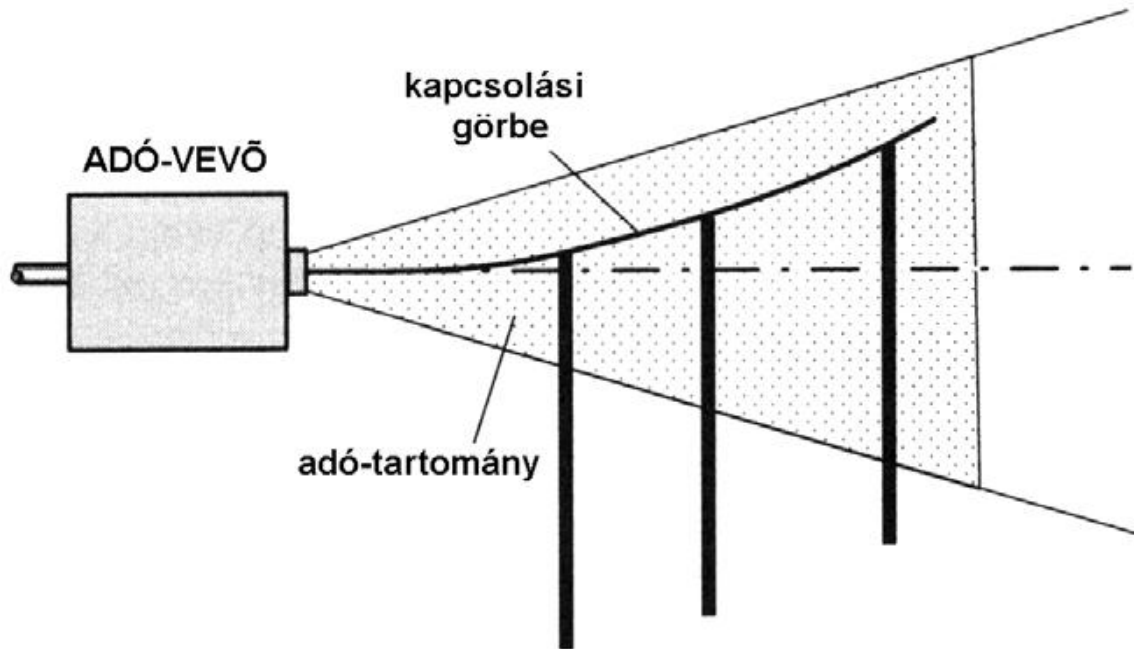
Az egyutú és a reflexiós fénykapuknál a következő kapcsolási funkciókat különböztetjük meg:

- NO (normally open) – a vevő kimenete akkor zár, ha a fénysugár útját nem szakítja meg semmilyen objektum.
- NC (normally closed) – a vevő kimenete akkor zár, ha a fénysugár útját valamilyen objektum megszakítja.

Tárgyreflexiós közelítéskapcsolóknál:

- NO – az érzékelő kimenete akkor zár, ha az érzékelővel szemben van objektum.
- NC – az érzékelő kimenete akkor zár, ha az érzékelővel szemben nincs objektum.

Tárgyreflexiós érzékelő



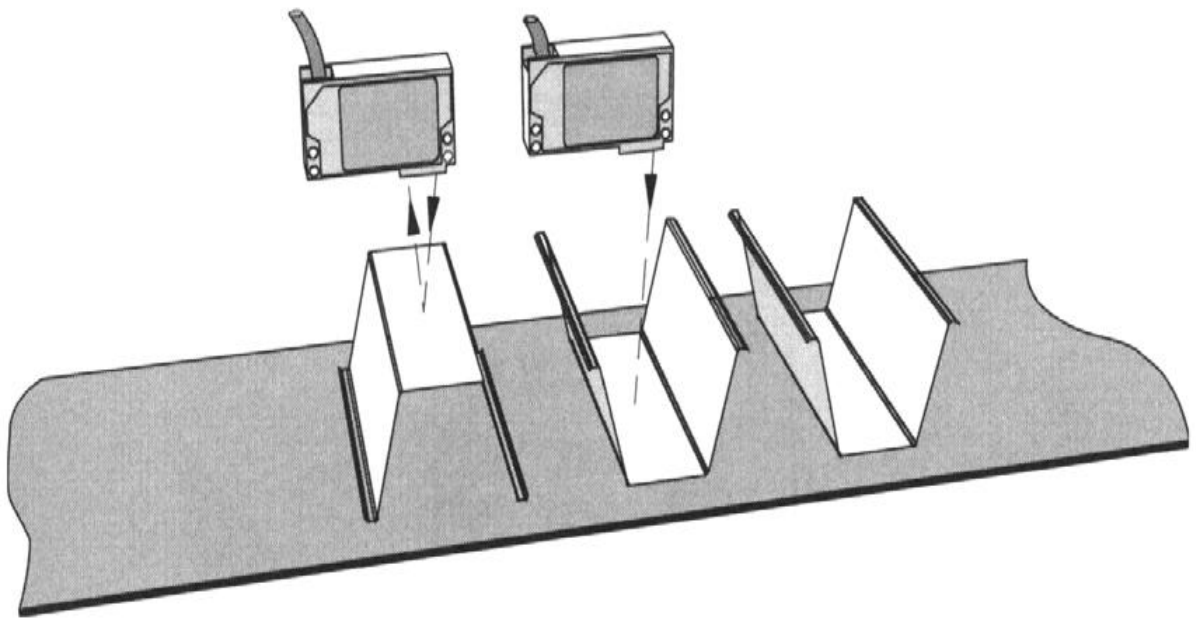
Tárgyreflexiós fénykapu előnyei

- adó és vevő egy elemet alkot illetve nincs szükség tükörrre;
- a fényt szórtan visszaverő, tükröző és korlátozottan átlátszó tárgyak egyaránt detektálhatók, ha elegendő a visszavert fény erőssége;
- nem csak oldalirányból érkező objektumokat jelez, hanem szemben is használható;
- beállítástól függően az objektum a háttértől elkülöníthető (háttérkioltás);

Tárgyreflexiós közelítéskapcsolók hátrányai

- a visszavert fény iránya nem egzakt, a fénykapu pontosabb;
- kisebb érzékelési tartomány;
- fényelnyelő (pl. fekete) objektumokat nem jelez;

Alkalmazási példa



Hibás elhelyezés kijelzése

IV. Fejezet: Motor [10]



A növekvő energiaköltségek hatására az energiafelhasználás a hajtástechnikában egyre nagyobb és nagyobb jelentőségű. Ez pontosan azt jelenti, az energiaköltség csökkentésben lévő lehetőségeket teljesen ki kell használni, azért hogy ma és a jövőben is meg tudjuk őrizni versenyképességünket. A csökkentett energiafelhasználás a környezet számára is hasznos. Ezek ismeretében mi már ma fejlesztjük az új generációs kisfeszültségű motorokat. Az innovatív réz forgórész teremt legjobb feltételt a magas hatásfokú motorokhoz, mely által az új EFF1 motorok nagy energia megtakarításra és környezetünk kímélésére adnak lehetőséget. A moduláris felépítési koncepció nagy rugalmasságot biztosít, mivel minden motor egységes szemléletre támaszkodva készül a világ minden piacára.

Magasabb hatásfok

Alumínium öntvény forgórész helyett az EFF1 motorokban a réz forgórész került bevezetésre, mellyel a motorok lényegesen kompaktabbak lettek. Az EFF2 és EFF1 motorok azonos házméretbe férnek be, így magasabb hatásfok osztályú motorra történő váltás esetén nem kell többé a gépet áttervezni, ezzel időt és energiát lehet megtakarítani.

Nagyobb teljesítmény

A növelt teljesítményű motorjaink a standarddal azonos építési méretben egy teljes teljesítmény fokozattal többet kínálnak.

Nagyobb rugalmasság

Az optimalizált építési forma megkönnyíti a szerelést és kis ráfordítással a motor jeladós, fékes és kényszerhűtéses motorrá történő átalakítását. Az opcionálisan megadható csatlakozódoboz és talp helyzet.

Motor Felépítése:



A Motor felépítése a rajz alapján:

1

Motorvédelem

Csatlakoztatás és csatlakozódoboz

Feszültség, áram és frekvencia

2

Tekercselés és szigetelés

Környezeti hőmérséklet és beépítési magasság

3

Fűtés és szellőzés

Mechanikai kialakítás és védettség

Moduláris felépítés

Speciális felépítés

4

Csapágyazás és kenés

5

Tengely és forgórész

Kiegyensúlyozás és rezgés amplitúdó

6

Színek és festés

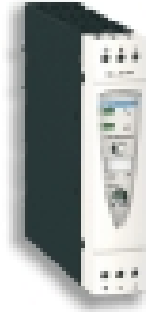
7

Kialakítások

8

Adattáblák és kiegészítő táblák

V. Fejezet: Tápegység [11]



Egy- és háromfázisú tápegység 100-500 V, 7-960 W

Tápegység leírása

Modular és Optimum tápegységek egyfázisú hálózatokhoz, 100-240V

- Kimeneti feszültség: 5, 12, 24, 48 V - 7-145 W.
- Rendkívül kis méret.
- Széles feszültségtartomány.
- Csavaros vagy omega sínre rögzítés.

Universal tápegységek egy- és háromfázisú hálózatokhoz, 100-500 V

Jellemzői:

- Kimeneti feszültség: 24V és 5-15V, átalakító modulokkal 48V/72-960W.
- Beépített energiatartalék.
- 6 terméktípus: 3-40 A.
- Rögzítés omega sínre.
- Fejlett diagnosztika LED és relé érintkező segítségével.
- Beépített felharmonikus-szűrő.
- Funkciómodulok hálózati megszakítási problémákra adott válaszhoz, 24V DC áramköri túlterhelés és rendelkezésre állás.

VI. Fejezet: Tervezés és megvalósítás

A tervezési részt azzal kezdtem, hogy eldöntöttem, milyen gyártósort is akarok szimulálni kicsiben.

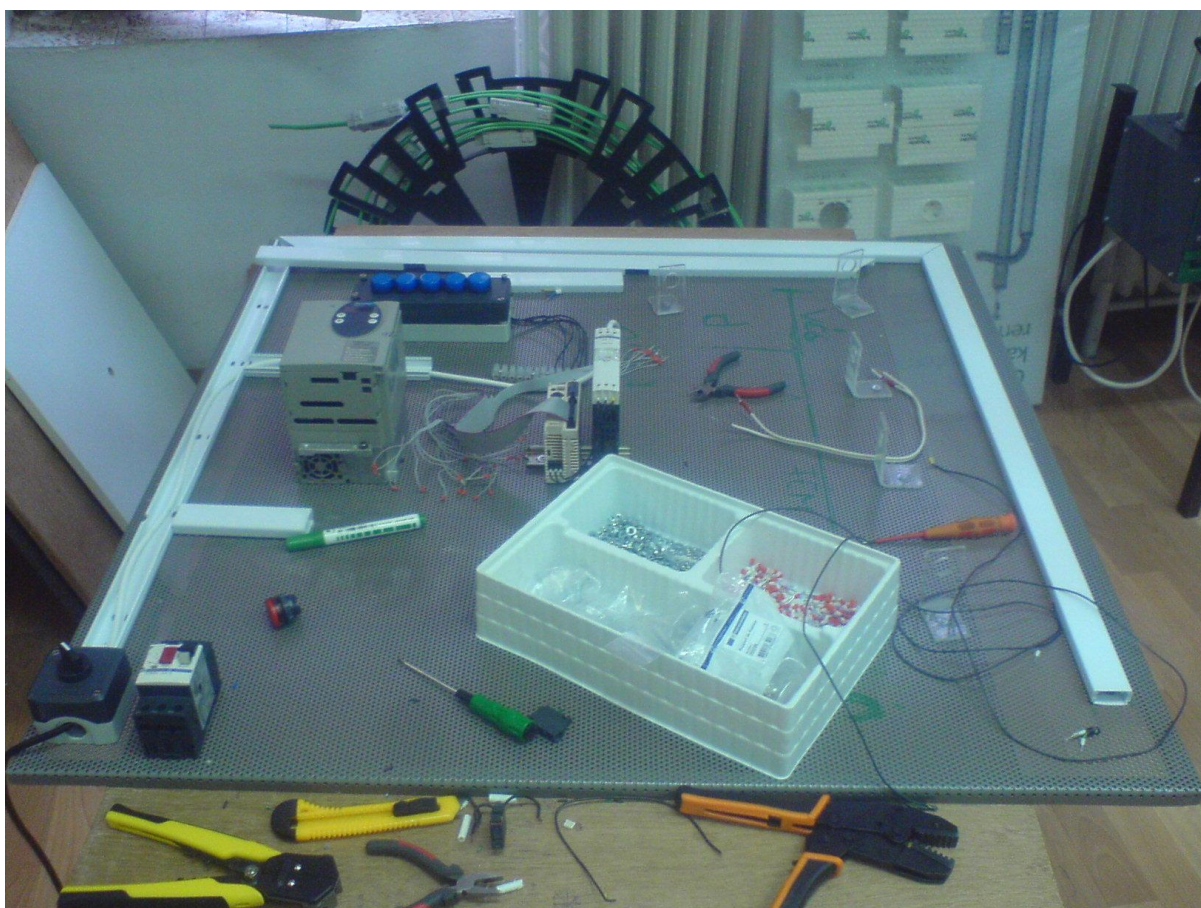
Végül arra jutottam, hogy egy gyártósort hozok létre, ami egy fémeket szelektáló futószalag amely érzékelők segítségével kiválogatja a fémes anyagokat a különböző anyagoktól, ez a különböző anyag lehet például: hulladék vagy gyártás előtt álló nyersanyag.

Ehhez be kellett szereznem különböző, már a fentiekben megemlített elemeket és ezek egymásba építését. Először kaptam egy bemutató táblát, amire rá kellett építenem ezt a kis gyártósort úgy, hogy oktatófalként szolgáljon. Erre a táblára el kellett terveznem, mi hova kerüljön. Először a motort, frekvenciaváltót és PLC- t helyeztem el. Az alapokkal kezdtem: a motort összekötöttem a frekvenciaváltóval, és ezt meg kellett tanulnom kezelni a Power suite programmal. Ebben a programban lehet lényegében a motorkarakterisztikákat beállítani.

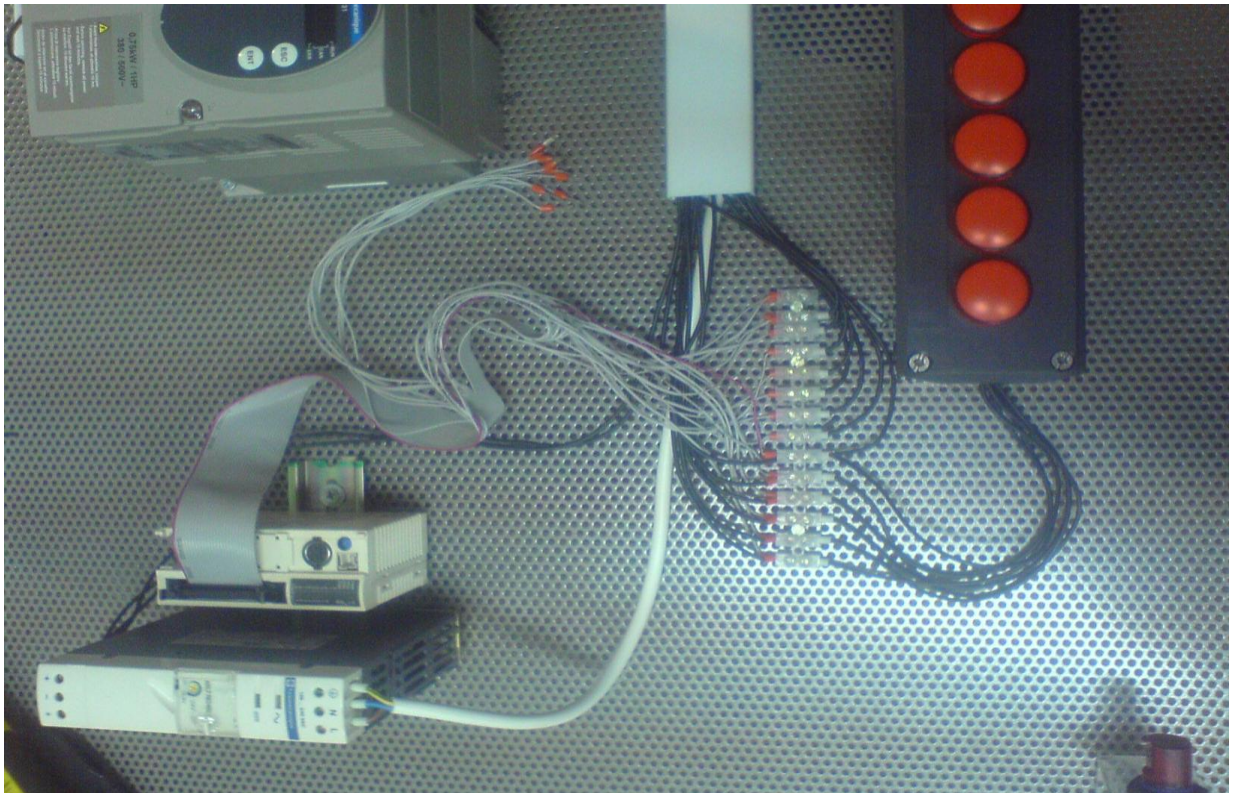
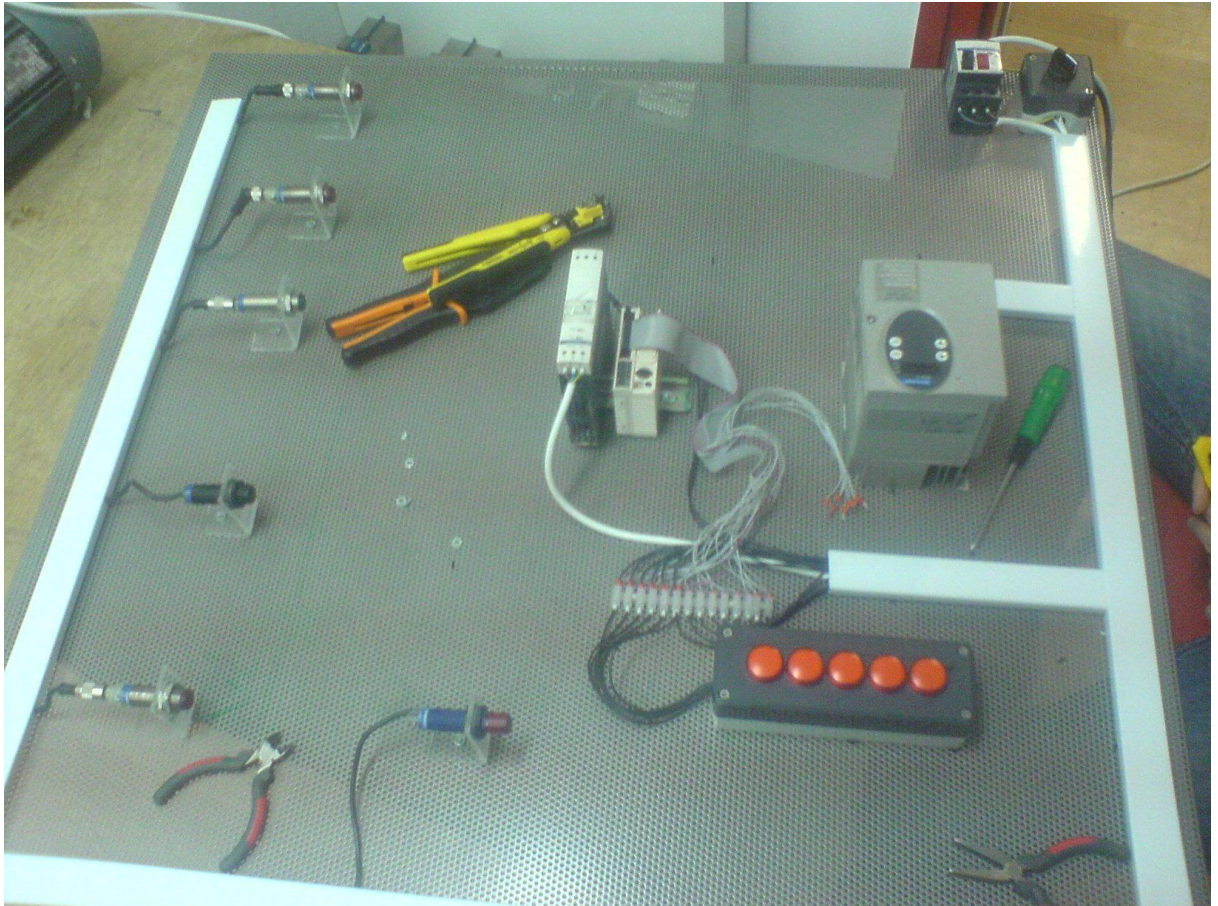
Mikor ezzel megvoltam, fejlesztettem tovább a gyártósorom, és hozzáépítettem a PLC- t (Programozható Logikai Vezérlőt) amivel automatizáltam a gyártósoromat. Ezt az egységet be kellett programoznom, hogy működtessen egy futószalag modellt. A programozása Twido Suite programmal történik, amiben már volt tapasztalatom, mert előző félévben egy tárgy keretein belül már megismerkedtünk ezzel a programmal. Utána az érzékelők elhelyezése következett, amelyek a futószalag szelektálását végzik.

Ezek felhelyezésével összeállt az oktatófalam, már csak a kábelezési munkák maradtak. A kábelezés először is a kábelcsatornák felszerelésével történt. A tápegységhez 230V-ot, a frekvenciaváltóhoz pedig 380V-ot használtam, amivel a motort is működtetem. Ehhez kábeleket kellett gyártanom a tápegységhez MT3x075-ös, a frekvenciaváltóhoz MT4X075-ös kábelt használtam áramerősségtől függően. Az érzékelőknek 12V-ot kellett adnom ezt a tápegységből tudtam megoldani, amit egy elosztóval osztottam meg a 6 érzékelő között. Ezekhez 0.75 kábelt alkalmaztam,

blankolt végükre pedig érvéghüvelyt raktam a jobb érintkezés, és biztonságosabb, egyszerűbb kezelhetőség végett. A biztonságos üzemeltetés érdekében egy 230V-os és egy 380V-os védőkapcsolót helyeztünk el a tábla alján.



A képeken az oktatófal készítése látható. Az első képen még csak az eszközöket helyeztem fel és elterveztem a kábelcsatornák elhelyezkedését. A tábla alján található a két védőkapcsoló, középen pedig a tápegység, PLC és a frekvenciaváltó. A tábla tetejére egy égősort raktam, amely az érzékelőkre van kötve. Ezek után következett a bekábelezés és végül a kábelek egyesítése, ami egy csomópontba történt. Ezt egy csatlakozóval oldottam meg.



Összegzés

Szakdolgozatom célkitűzése az volt, hogy az iparban is használt anyagmozgatási folyamatokat lemodellezzem informatikai eszközök segítségével. Ezt sikerült is lényegében megvalósítanom egy oktatófal elkészítésével.

Ez a fal arra szolgál, ha egy hulladékgyűjtő telephelyre beépítenénk, akkor ez tökéletesen megfelelne egy fémeket kiszelektáló futószalagnak. Valóságban a futószalagot nem sikerült megvalósítanom technikai eszközök hiánya miatt. Az első optikai érzékelő elindítja a gyártósort egy alapsebességgel. A következő gyorsít, hogy minél gördülékenyebbé, gyorsabbá tegyük a szelektálást. A következő érzékelőnél az adott anyagnak le kell lassulni, hogy a kiválasztást végre tudjuk hajtani. Ezután következik az indukzív érzékelő, ami eldönti, hogy milyen anyagról van szó, és ha fémét érzékelt, akkor a fémgyűjtő felé irányítja, ha pedig más anyagról van szó, akkor egy arra kialakított egyéb anyagokat tárolóba kerül. Itt, mivel nem valósítottuk meg a folyamatos anyagáramlást, ezért a végérzékelők nem a számlálást oldják meg, hanem a gyártósorunk leállítását végzik. A villamosiparban fontos szerepet játszanak a frekvenciaváltók és más motorvezérlő alkatrészek. Az általam használt Altivar 31-es csak úgynevezett kisteljesítményű motorokhoz való, de ez a típus is nagyon sokat tud, és nagyon hasznos a motorvédelem, irányítás szempontjából. Tapasztalatom szerint ezt a kis frekvenciaváltót hasonlóan kell kezelni, beállítani, beprogramozni, mint a nagyobb társait. Ugyanazon az elven működnek és az iparban nagyon nagy hasznukat veszik.

A másik fő egység, amit felhasználtam, az pedig a PLC (Programozható Logikai Vezérlő), aminek az automatizálásban van nagy haszna. A mai világban a gyártásban nagyon fontos feladatokat látnak el. Manapság már teljesen automatizált gyártósorok vannak robotokkal összekötve és már nem is kell emberi munkaerő, mivel a gépek nem fáradnak, nincsenek alapvető szükségleteik, viszont csak azt tudják elvégezni, amire beprogramozták őket, és erre kell az emberi találékonyság. Egyre elterjedtebb manapság az automatizálást bevinni a házakba. Egy példa az otthoni felhasználásra: lassan nem is kell felhúznunk a redőnyöket, mivel mi csak beállítjuk mikor akarjuk,

hogyan felhúzódjon, és a kis program megcsinálja helyettünk. Számtalan ilyen találmány van már, amit alkalmaznak a háztartásokban.

Úgy gondolom, ha valaki ezzel a témával foglalkozik, biztos magával fogja ragadni a lehetőségek és ötletek tárházát, amit az automatizálás lehetőségei nyújtanak. Személy szerint garantálni tudom, hogy sok érdekes dologban lesz része annak, aki ezzel a területtel foglalkozik. Remélem, sikerült felhívnom mind azok figyelmét, akik érdeklődnek az automatizálás iránt, hogy mennyire sok lehetőség nyílik pl.: egy gyártósor automatizálásában.

Irodalomjegyzék

1. Dr. Ajtonyi István, Dr. Gyuricza István: Programozható irányítóberendezések, hálózatok és rendszerek, Műszaki Könyvkiadó, 2002.
2. Dr. Ajtonyi István: Vezérléstechnika, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2002.
3. <http://szirty.uw.hu/Alapfokon/Frekivalto/frekivalto.html>
4. <http://automatizalas.schneider-electric.hu/index.php?pid=9|tid=62>
5. <http://people.inf.elte.hu/csz/0304/iparigyulav.pdf>
6. <http://szirty.uw.hu/>
7. <http://www.schneider-electric.hu/html/webkits/twido-webkit/index.htm> / [Twido brosúra](#)
8. Ajtonyi István: PLC és SCADA-HMI rendszerek I. AUT-INFO Kiadó Miskolc, 2007.
9. http://www.kekvilag.hu/didactic/letoltes/oktatas/Szenzorika_jegyzet.pdf
10. <http://www.siemens.hu/index.php?n=909>
11. http://www.schneider-electric.hu/hungary/hu/termek-szolgalattasok/ipari-automatizalas/termek/range-presentation.page?p_function_id=17&p_family_id=231&p_range_id=1535